

BỘ TÀI NGUYÊN VÀ MÔI TRƯỜNG

ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI

**CHƯƠNG TRÌNH KH&CN TRỌNG ĐIỂM CẤP NHÀ NƯỚC**  
**“Khoa học và công nghệ phục vụ Chương trình mục tiêu quốc gia**  
**ứng phó với biến đổi khí hậu”. Mã số: KH-CN-BĐKH/11-15**

## **BÁO CÁO TỔNG HỢP**

### **KẾT QUẢ KHOA HỌC CÔNG NGHỆ ĐỀ TÀI**

**NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG KỊCH BẢN VỀ CÁC HIỆN TƯỢNG**  
**THỜI TIẾT CỰC ĐOAN TRUNG HẠN (2015-2030) CHO KHU VỰC**  
**VIỆT NAM-BIỂN ĐÔNG SỬ DỤNG KỊCH BẢN BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU**  
**TRONG CHƯƠNG TRÌNH KAKUSHIN**  
**MÃ SỐ ĐỀ TÀI: BĐKH.01**

Chủ nhiệm đề tài

Cơ quan chủ trì đề tài

**Nguyễn Hữu Dur**

**Phan Tuấn Nghĩa**

Ban chủ nhiệm chương trình  
KT. CHỦ NHIỆM CHƯƠNG TRÌNH  
PHÓ CHỦ NHIỆM CHƯƠNG TRÌNH

BỘ TÀI NGUYÊN VÀ MÔI TRƯỜNG  
KT. BỘ TRƯỞNG  
THỨ TRƯỞNG

**Nguyễn Đắc Đồng**

**Nguyễn Thái Lai**

Hà Nội - 2014

Hà nội, ngày 10 tháng 5 năm 2014

**BÁO CÁO THỐNG KÊ  
KẾT QUẢ THỰC HIỆN ĐỀ TÀI BDKH.01**

**I. THÔNG TIN CHUNG**

**1. Tên đề tài: Nghiên cứu xây dựng kịch bản về các hiện tượng thời tiết cực đoan trung hạn (2015-2030) cho khu vực Việt Nam-Biển Đông sử dụng kịch bản biến đổi khí hậu trong chương trình Kakushin**

Mã số đề tài, dự án: BDKH.01

Thuộc: Chương trình Khoa học và Công nghệ quốc gia về Biến đổi khí hậu

**2. Chủ nhiệm đề tài:**

Họ và tên: Nguyễn Hữu Dư

Ngày, tháng, năm sinh: 23-5-1954

Nam/ Nữ: Nam

Học hàm, học vị: Giáo sư, Tiến sĩ

Chức danh khoa học: Giảng viên cao cấp Chức vụ: Phó Hiệu trưởng

Điện thoại: Tổ chức: ..... Nhà riêng: 35115610 Mobile: 0912223309

Fax: (84) 043-8583061

E-mail: nhdu2001@yahoo.com/

dunh@vnu.edu.vn

Tên tổ chức đang công tác: Trường Đại học Khoa học Tự nhiên

Địa chỉ tổ chức: 334 Nguyễn Trãi, Thanh Xuân, Hà Nội

Địa chỉ nhà riêng: 16 ngõ 16 Hoàng Cầu, Đống Đa, Hà Nội

**3. Tổ chức chủ trì đề tài:**

Tên tổ chức chủ trì đề tài: Trường Đại học Khoa học Tự nhiên

Điện thoại: (84) 043-8584615/8581419

Fax: (84) 043-8583061

E-mail: [dhkhtnvn@vnn.vn](mailto:dhkhtnvn@vnn.vn)

Website: [www.hus.edu.vn](http://www.hus.edu.vn)

Địa chỉ: 334 Nguyễn Trãi, Thanh Xuân, Hà Nội

Họ và tên thủ trưởng tổ chức: PGS.TS. Nguyễn Văn Nội

Số tài khoản: 3713

Mã quan hệ ngân sách : 1059420

Ngân hàng: Kho bạc Nhà Nước, Quận Đống Đa, Hà Nội

Tên cơ quan chủ quản đề tài: Bộ Tài nguyên và Môi trường

## II. TÌNH HÌNH THỰC HIỆN

### 1. Thời gian thực hiện đề tài:

- Theo Hợp đồng đã ký kết: từ tháng 01/ năm 2012 đến tháng 12/ năm 2013
- Thực tế thực hiện: từ tháng 08/ năm 2012 đến tháng 06/ năm 2014
- Được gia hạn:
  - Lần 1: từ tháng 01 năm 2014 đến tháng 06 năm 2014

### 2. Kinh phí và sử dụng kinh phí:

a) Tổng số kinh phí thực hiện: 2.981 tr.đ, trong đó:

+ Kinh phí hỗ trợ từ SNKH: 2.981 tr.đ.

+ Kinh phí từ các nguồn khác: 0 tr.đ.

b) Tình hình cấp và sử dụng kinh phí từ nguồn SNKH:

<b>Số TT</b>	<b>Theo kế hoạch</b>		<b>Thực tế đạt được</b>		<b>Ghi chú (Số đề nghị quyết toán)</b>
	Thời gian (Tháng, năm)	Kinh phí (Tr.đ)	Thời gian (Tháng, năm)	Kinh phí (Tr.đ)	
1	17/08/2012	960	24/04/2013	960	960
2	07/05/2013	720	30/07/2013	720	720
3	16/08/2013	720	16/12/2013	720	720
4	31/12/2013	581	30/05/2014	281	281

c) Kết quả sử dụng kinh phí theo các khoản chi:

**Đối với đề tài:**

*Đơn vị tính: Triệu đồng*

<b>Số TT</b>	<b>Nội dung các khoản chi</b>	<b>Theo kế hoạch</b>			<b>Thực tế đạt được</b>		
		Tổng	SNKH	Nguồn khác	Tổng	SNKH	Nguồn khác
1	Trả công lao động (khoa học, phổ thông)	2.057	2.057	0	2.057	2.057	0
2	Nguyên, vật liệu, năng lượng	0	0	0	0	0	0
3	Thiết bị, máy móc	460	460	0	159	159	0
4	Xây dựng, sửa chữa nhỏ	0	0	0	0	0	0
5	Chi khác	464	464	0	449	449	0
	<b>Tổng cộng</b>	<b>2.981</b>	<b>2.981</b>	<b>0</b>	<b>2.665</b>	<b>2.665</b>	<b>0</b>

- Lý do thay đổi:

### 3. Các văn bản hành chính trong quá trình thực hiện đề tài:

<b>Số TT</b>	<b>Số, thời gian ban hành văn bản</b>	<b>Tên văn bản</b>	<b>Ghi chú</b>
1	Số 843/QĐ-BTNMT, ký ngày 13/6/2012	Quyết định về việc phê duyệt kinh phí các đề tài KH-CN thực hiện năm 2011-2013 thuộc Chương trình KH&CN phục vụ CTMTQG ứng phó với BĐKH	
2	01/2012/HĐ-KHCN-BĐKH/11-15, Ký ngày 26/06/2012	Hợp đồng nghiên cứu khoa học và phát triển công nghệ	
3	Số 4359/KHCN, ngày 08/10/2013	Công văn đề nghị xin gia hạn đề tài của Trường ĐHKHTN	
4	Số 2660/QĐ-BTNMT, ngày 27/12/2013	Quyết định gia hạn thời gian thực hiện đề tài của Bộ Tài nguyên và Môi trường	



#### 4. Tổ chức phối hợp thực hiện đề tài:

<i>Số TT</i>	<i>Tên tổ chức đăng ký theo Thuyết minh</i>	<i>Tên tổ chức đã tham gia thực hiện</i>	<i>Nội dung tham gia chủ yếu</i>	<i>Sản phẩm chủ yếu đạt được</i>	<i>Ghi chú*</i>
1	Trung tâm Dự báo KTTV Trung ương	Trung tâm Dự báo KTTV Trung ương			

- Lý do thay đổi:

#### 5. Cá nhân tham gia thực hiện đề tài:

<i>Số TT</i>	<i>Tên cá nhân đăng ký theo Thuyết minh</i>	<i>Tên cá nhân đã tham gia thực hiện</i>	<i>Nội dung tham gia chính</i>	<i>Sản phẩm chủ yếu đạt được</i>	<i>Ghi chú*</i>
1	Nguyễn Hữu Dur	Nguyễn Hữu Dur	1, 3, 9	Báo cáo chuyên đề	
2	Kiều Thị Xin	Kiều Thị Xin	1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10	Báo cáo chuyên đề	
3	Vũ Thanh Hằng	Vũ Thanh Hằng	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8	Báo cáo chuyên đề	
4	Lê Đức	Lê Đức	3, 5, 9	Cài đặt, chạy mô hình	
5	Phạm Kỳ Anh				
6	Nguyễn Minh Trường	Nguyễn Minh Trường	2, 6, 7, 8	Báo cáo chuyên đề	
7	Ngô Đức Thành	Ngô Đức Thành	1, 6, 8, 9	Báo cáo chuyên đề	
8	Võ Văn Hòa	Võ Văn Hòa	1, 2, 5, 7	Báo cáo chuyên đề	
9	Nguyễn Lê Dũng	Nguyễn Lê Dũng	2	Báo cáo chuyên đề	
10	Trần Mạnh Cường	Trần Mạnh Cường	4, 9	Báo cáo chuyên đề	

- Lý do thay đổi:

## 6. Tình hình hợp tác quốc tế:

<b>Số TT</b>	<b>Theo kế hoạch</b> (Nội dung, thời gian, kinh phí, địa điểm, tên tổ chức hợp tác, số đoàn, số lượng người tham gia...)	<b>Thực tế đạt được</b> (Nội dung, thời gian, kinh phí, địa điểm, tên tổ chức hợp tác, số đoàn, số lượng người tham gia...)	<b>Ghi chú*</b>
1	01 Đoàn ra: 3 người đến Viện Khí tượng Nhật Bản – MRI. Nội dung: Tiếp thu công nghệ và khả năng hợp tác trong việc ứng dụng mô hình bất thủy tĩnh để nghiên cứu biến đổi khí hậu ở Việt Nam. Kinh phí dự kiến: 142,92 tr.đ	01 Đoàn ra (3 người) từ 18/5 đến 24/5/2013 đến Viện Khí tượng Nhật bản – MRI. Nội dung trao đổi: Tiếp thu công nghệ và khả năng hợp tác trong việc ứng dụng mô hình bất thủy tĩnh để nghiên cứu biến đổi khí hậu ở Việt Nam. Kinh phí quyết toán: 151.245.670 VNĐ	
2	01 Đoàn ra: 1 người sang Viện Khí tượng Nhật Bản Nội dung: học tập và theo dõi tính toán của mô hình trên hệ thống siêu máy tính của Nhật Bản. Kinh phí dự kiến: 125,64 tr.đ	01 Đoàn ra (1 người) từ 05/11 đến 30/11/2013 đến Viện Khí tượng Nhật bản – MRI. Nội dung: học tập và theo dõi tính toán của mô hình trên hệ thống siêu máy tính của Nhật Bản. Kinh phí quyết toán: 112.911.352 VNĐ	
3	01 cán bộ đề tài sang MRI để trao đổi hợp tác và thử nghiệm ứng dụng mô hình NHRCM cho Việt Nam. Kinh phí dự kiến: 0 tr.đ	01 cán bộ đề tài sang MRI để trao đổi hợp tác và thử nghiệm ứng dụng mô hình NHRCM cho Việt Nam từ ngày 05/11/2013 đến 26/01/2014. Kinh phí do phía Nhật bản tài trợ	
4	01 Đoàn vào: 2 người Nội dung: hợp tác về khả năng nghiên cứu biến đổi khí hậu. Kinh phí dự kiến: 38 tr.đ	01 Đoàn vào: 1 người từ 23/10 đến 02/11/2013 Nội dung: Báo cáo về Biến đổi khí hậu và những tác động của nó đến khu vực Châu Á. Trao đổi, thảo luận về khả năng hợp tác khoa học và đào tạo. Kinh phí quyết toán: 25.610.000 VNĐ	

- Lý do thay đổi:

## 7. Tình hình tổ chức hội thảo, hội nghị:

<b>Số TT</b>	<b>Theo kế hoạch</b> (Nội dung, thời gian, kinh phí, địa điểm)	<b>Thực tế đạt được</b> (Nội dung, thời gian, kinh phí, địa điểm)	<b>Ghi chú*</b>
1	Hội thảo 1: Kết quả cài đặt chạy mô hình NHM trên các hệ thống máy và kết quả chạy mô hình với số liệu tái phân tích JRA25 Kinh phí dự kiến: 10 tr.đ Địa điểm: Hà nội	Hội thảo 1: Kết quả cài đặt chạy mô hình NHM trên các hệ thống máy và kết quả chạy mô hình với số liệu tái phân tích JRA25 Kinh phí quyết toán: 10.422.000 VNĐ Địa điểm: Hà nội Thời gian: 23/3/2013	
2	Hội thảo 2: Kết quả chạy dự báo khí hậu hiện tại cho khu vực Việt Nam và đánh giá sơ bộ Kinh phí dự kiến: 10 tr.đ Địa điểm: Hà nội	Hội thảo 2: Kết quả chạy dự báo khí hậu hiện tại cho khu vực Việt Nam và đánh giá sơ bộ Kinh phí quyết toán: 13.575.000 VNĐ Địa điểm: Hà nội Thời gian: 23/8/2013	
3	Hội thảo 3: Kết quả nghiên cứu thích ứng mô hình NHM cho khu vực Việt Nam Kinh phí dự kiến: 10 tr.đ Địa điểm: Hà nội	Hội thảo 3: Kết quả nghiên cứu thích ứng mô hình NHM cho khu vực Việt Nam Kinh phí quyết toán: 7.375.000 VNĐ Địa điểm: Hà nội Thời gian: 24/10/2013	
4	Hội thảo 4: Kết quả dự đoán hiện tượng thời tiết cực đoan có tác động của biến đổi khí hậu trong tương lai gần Kinh phí dự kiến: 10 tr.đ Địa điểm: Hà nội	Hội thảo 4: Kết quả dự đoán hiện tượng thời tiết cực đoan có tác động của biến đổi khí hậu trong tương lai gần Kinh phí quyết toán: 8.100.000 VNĐ Địa điểm: Hà nội Thời gian: 18/02/2014	

- Lý do thay đổi:

### 8. Tóm tắt các nội dung, công việc chủ yếu:

<b>Số TT</b>	<b>Các nội dung, công việc chủ yếu</b> (Các mốc đánh giá chủ yếu)	<b>Thời gian</b> (Bắt đầu, kết thúc - tháng ... năm)		<b>Người, cơ quan thực hiện</b>
		Theo kế hoạch	Thực tế đạt được	
1	ND1: Nghiên cứu đồng bộ hóa, chuẩn hóa và xây dựng cơ sở dữ liệu quan trắc khí hậu truyền thống, phi truyền thống, tái phân tích và dự báo hiện tại	2012	2012	Nguyễn Hữu Dur Nguyễn Quỳnh Hoa Mai Khánh Hưng Kiều Thị Xin Ngô Đức Thành Trần Anh Đức Võ Văn Hòa Nguyễn Mạnh Linh Nguyễn Thanh Tùng Dur Đức Tiến
2	ND2: Nghiên cứu xác định đặc điểm khí hậu của các hiện tượng thời tiết cực đoan trên khu vực Việt Nam trên chuỗi số liệu 50 năm (1961-2010)	2012	2012	Nguyễn Minh Trường Nguyễn Lê Dũng Vũ Thanh Hằng Võ Văn Hòa Kiều Thị Xin Đỗ Thanh Tuấn Nguyễn Văn Hương
3	ND3: Nghiên cứu ứng dụng và phát triển hệ thống mô phỏng và dự báo khí hậu dựa trên mô hình bất thủy tĩnh NHM	2012	2012, 2013	Kiều Thị Xin Nguyễn Hữu Dur Nguyễn Quỳnh Hoa Nguyễn Trung Kiên
4	ND4: Nghiên cứu thích ứng mô hình bất thủy tĩnh NHM cho khu vực Việt Nam	2012	2013	Vũ Thanh Hằng Nguyễn Quỳnh Hoa Trần Mạnh Cường Đỗ Thanh Tuấn
5	ND5: Nghiên cứu ứng dụng mô hình dự báo sóng	2012	2012, 2013	Võ Văn Hòa Mai Văn Định Đỗ Thanh Tuấn

<b>Số TT</b>	<b>Các nội dung, công việc chủ yếu</b> (Các mốc đánh giá chủ yếu)	<b>Thời gian</b> (Bắt đầu, kết thúc - tháng ... năm)		<b>Người, cơ quan thực hiện</b>
		Theo kế hoạch	Thực tế đạt được	
	WAVEWATCH cho khu vực Biển Đông			
6	ND7: Thực hiện dự báo khí hậu hiện tại trên khu vực Việt Nam nhờ hệ thống bắt thủy tĩnh lồng vào số liệu KAKUSHIN và nhờ mô hình khí hậu khu vực RegCM để so sánh	2012	2012, 2013	Vũ Thanh Hằng Nguyễn Thanh Hằng Nguyễn Minh Trường Bùi Hoàng Hải Mai Khánh Hưng Mai Văn Định Nguyễn Thanh Tùng Đur Đức Tiến
7	ND8: Phân tích kết quả dự báo khí hậu bằng phương pháp hạ quy mô động lực Kakushin – bắt thủy tĩnh 20 km (C1), Kakushin - bắt thủy tĩnh 5 km (C2), dự báo của RegCM (C3) với dự báo của mô hình khí hậu toàn cầu (B) và với tái phân tích được coi là lý tưởng (A) trên khu vực nghiên cứu, cho một số năm được chọn từ thời đoạn 1985-2010	2012	2013	Kiều Thị Xin Nguyễn Quỳnh Hoa Nguyễn Mạnh Linh Vũ Thanh Hằng Mai Khánh Hưng Ngô Đức Thành Đur Đức Tiến Nguyễn Thanh Tùng
8	ND9: Thực hiện hạ quy mô động lực để dự đoán khí hậu	2012	2013	Trần Mạnh Cường Đỗ Thanh Tuấn Trần Anh Đức

<b>Số TT</b>	<b>Các nội dung, công việc chủ yếu</b> <i>(Các mốc đánh giá chủ yếu)</i>	<b>Thời gian</b> <i>(Bắt đầu, kết thúc - tháng ... năm)</i>		<b>Người, cơ quan thực hiện</b>
		Theo kế hoạch	Thực tế đạt được	
	cho một số năm được chọn từ 2015-2030 với hệ thống bất thủy tĩnh trên và số liệu Kakushin trên khu vực VN-BĐ. Khai thác sản phẩm của hệ thống. Đánh giá hệ thống			Nguyễn Hữu Dư Ngô Đức Thành Mai Khánh Hưng Nguyễn Quỳnh Hoa
9	ND6: Sử dụng mô hình sóng WAVEWATCH thực hiện dự đoán biến đổi của đặc tính sóng trên Biển Đông cho một số năm trung hạn với đầu vào từ sản phẩm của hệ thống bất thủy tĩnh	2013	2013	Ngô Đức Thành Nguyễn Mạnh Linh Dư Đức Tiến Nguyễn Minh Trường Mai Khánh Hưng Nguyễn Quỳnh Hoa Vũ Thanh Hằng Mai Văn Định
10	ND9: Thực hiện hạ quy mô động lực để dự đoán khí hậu cho một số năm được chọn từ 2015-2030 với hệ thống bất thủy tĩnh trên và số liệu Kakushin trên khu vực VN-BĐ. Khai thác sản phẩm của hệ thống. Đánh giá hệ thống	2013	2013	Kiều Thị Xin Nguyễn Mạnh Linh Nguyễn Quỳnh Hoa Nguyễn Hữu Dư Trần Anh Đức Nguyễn Quỳnh Hoa Vũ Thanh Hằng Mai Văn Định Dư Đức Tiến
11	ND10: Nghiên cứu hệ thống kết quả	2013	2013	Kiều Thị Xin Nguyễn Mạnh Linh

<b>Số TT</b>	<b>Các nội dung, công việc chủ yếu</b> (Các mốc đánh giá chủ yếu)	<b>Thời gian</b> (Bắt đầu, kết thúc - tháng ... năm)		<b>Người, cơ quan thực hiện</b>
		Theo kế hoạch	Thực tế đạt được	
	dự đoán sự diễn biến EWE nhận được từ hệ thống bắt thủy tĩnh - hạ quy mô động lực số liệu KAKUSHIN. Nghiên cứu xây dựng kịch bản về EWE trên khu vực Việt Nam – Biển Đông trong tương lai gần			Nguyễn Quỳnh Hoa Nguyễn Văn Thắng

- Lý do thay đổi:

### III. SẢN PHẨM KH&CN CỦA ĐỀ TÀI, DỰ ÁN

#### 1. Sản phẩm KH&CN đã tạo ra:

a) Sản phẩm Dạng I: Không có

<b>Số TT</b>	<b>Tên sản phẩm và chỉ tiêu chất lượng chủ yếu</b>	<b>Đơn vị đo</b>	<b>Số lượng</b>	<b>Theo kế hoạch</b>	<b>Thực tế đạt được</b>
1					

- Lý do thay đổi:

b) Sản phẩm Dạng II:

<b>Số TT</b>	<b>Tên sản phẩm</b>	<b>Yêu cầu khoa học cần đạt</b>		<b>Ghi chú</b>
		Theo kế hoạch	Thực tế đạt được	
1	Mô hình khu vực bắt thủy tĩnh mô phỏng EWE sử dụng được cho	Mô hình bắt thủy tĩnh có cấu hình phù hợp cho mô phỏng EWE ở nhiệt đới, tập trung	Đạt được như dự kiến	

<i>Số TT</i>	<i>Tên sản phẩm</i>	<i>Yêu cầu khoa học cần đạt</i>		<i>Ghi chú</i>
		Theo kế hoạch	Thực tế đạt được	
	nghiên cứu khí hậu và BĐKH ở Việt Nam	chủ yếu vào bão, mưa bão và mưa lớn , được cài đặt và chạy ổn định trên môi trường hệ điều hành LINUX		
2	Mô hình dự báo sóng tái sinh được sự diễn biến sóng trên khu vực Biển Đông	Mô hình có cấu hình phù hợp cho mô phỏng sóng trên khu vực hạn chế, được cài đặt và chạy ổn định trên môi trường hệ điều hành LINUX	Đạt được như dự kiến	
3	Bộ số liệu phân giải cao cho khu vực VN-BĐ lấy từ chương trình Kakushin có thể sử dụng cho các mục đích nghiên cứu thời tiết- khí hậu khác nhau ở Việt Nam	CSDL có thiết kế chi tiết đính kèm để khai thác, file số liệu được định dạng chuẩn để các chương trình có thể đọc và sử dụng	Đạt được như dự kiến	
4	Diễn biến mô phỏng của EWE trên khu vực VN-BĐ và đặc tính sóng trên BĐ	Kết quả được đánh giá bằng so sánh với tái phân tích và thám sát	Đạt được như dự kiến	



<i>Số TT</i>	<i>Tên sản phẩm</i>	<i>Yêu cầu khoa học cần đạt</i>		<i>Ghi chú</i>
		Theo kế hoạch	Thực tế đạt được	
	trong một số năm từ thời đoạn (1984-2003) .			
5	Diễn biến dự đoán của EWE khu vực VN-BĐ biến đổi đặc tính sóng trên BĐ trong tương lai gần từ thời đoạn (2015- 2030).	Những kết luận về diễn biến và xu thế phát triển (tần suất, cường độ ) và diễn biến sóng trong những năm tới trên vùng VN-BĐ được so sánh với các kịch bản nghiên cứu khác.	Đạt được như dự kiến	
6	Báo cáo tổng kết đề tài	Mô tả đầy đủ, ngắn gọn làm nổi bật được những kết quả mô phỏng EWE của NHM với hạ quy mô động lực so với sản phẩm của mô hình thủy tĩnh và so với mô hình toàn cầu	Đạt được như dự kiến	
7	Báo cáo tóm tắt về diễn biến EWE trên khu vực VN-BĐ và sóng trên BĐ trong tương lai gần	Kết quả dự đoán EWE (xu thế diễn biến cực trị, tần suất ) của hệ thống NHM- hạ quy mô và dự đoán sóng trên BĐ có thể giúp ích cho việc	Đạt được như dự kiến	

<i>Số TT</i>	<i>Tên sản phẩm</i>	<i>Yêu cầu khoa học cần đạt</i>		<i>Ghi chú</i>
		Theo kế hoạch	Thực tế đạt được	
		xây dựng biện pháp phòng tránh (nếu đề tài có thể sử dụng máy siêu tốc ở VN hay Nhật thì kỳ dự đoán sẽ là 2015-2030)		

- Lý do thay đổi:

c) Sản phẩm Dạng III:

<i>Số TT</i>	<i>Tên sản phẩm</i>	<i>Yêu cầu khoa học cần đạt</i>		<i>Số lượng, nơi công bố (Tạp chí, nhà xuất bản)</i>
		Theo kế hoạch	Thực tế đạt được	
1	Bài báo khoa học	03	03	01 Tạp chí khoa học ĐHQGHN, NXB ĐHQGHN 01 Tạp chí KTTV 01 submit JMSJ
2	Báo cáo hội thảo quốc tế	01	02	The Third International MAHASRI/HyARC Workshop on Asian Monsoon and Water cycle (8/2013) Asia Oceania Geosciences Society 2014 (7/2014)
3	Báo cáo hội thảo chuyên môn	0	01	Viện Khí tượng Nhật bản MRI (11/2013)

- Lý do thay đổi:

d) Kết quả đào tạo:

<b>Số TT</b>	<b>Cấp đào tạo, Chuyên ngành đào tạo</b>	<b>Số lượng</b>		<b>Ghi chú</b> (Thời gian kết thúc)
		Theo kế hoạch	Thực tế đạt được	
1	Thạc sỹ Khí tượng và Khí hậu học	2-3	3	2012, 2014
2	Cử nhân khoa học ngành Khí tượng	3-4	4	2012, 2013

- Lý do thay đổi:

đ) Tình hình đăng ký bảo hộ quyền sở hữu công nghiệp, quyền đối với giống cây trồng:

<b>Số TT</b>	<b>Tên sản phẩm đăng ký</b>	<b>Kết quả</b>		<b>Ghi chú</b> (Thời gian kết thúc)
		Theo kế hoạch	Thực tế đạt được	
1				

- Lý do thay đổi:

e) Thống kê danh mục sản phẩm KHCN đã được ứng dụng vào thực tế

<b>Số TT</b>	<b>Tên kết quả đã được ứng dụng</b>	<b>Thời gian</b>	<b>Địa điểm</b> (Ghi rõ tên, địa chỉ nơi ứng dụng)	<b>Kết quả sơ bộ</b>
1				

## 2. Đánh giá về hiệu quả do đề tài, dự án mang lại:

a) Hiệu quả về khoa học và công nghệ:

(Nêu rõ danh mục công nghệ và mức độ nắm vững, làm chủ, so sánh với trình độ công nghệ so với khu vực và thế giới...)

Đề tài đã tiếp thu được bộ mô hình khí hậu khu vực bắt thủy tĩnh NHRCM, cài đặt và chạy thử nghiệm thành công ở Việt Nam. Kết quả nghiên cứu và đánh giá mô phỏng khí hậu bằng mô hình này cho thấy khả năng tái sinh tốt chế độ khí hậu cũng như ECE trên khu vực VN-BĐ. Bên cạnh đó, đề tài cũng đã tiếp thu và khai thác sử dụng bộ số liệu của Chương trình Kakushin là sản phẩm của mô hình toàn cầu GCAM theo kịch bản RCP8.5

cho hiện tại, tương lai gần và tương lai xa. Những sản phẩm kịch bản về khí hậu khu vực tương lai gần nhận được trong đề tài là có ý nghĩa khoa học và thực tiễn cao, hướng nghiên cứu biến đổi khí hậu theo cách tiếp cận chi tiết hóa động lực là hiện đại, tiệm cận với trình độ khoa học của khu vực và thế giới.

b) Hiệu quả về kinh tế xã hội:

(Nêu rõ hiệu quả làm lợi tính bằng tiền dự kiến do đề tài, dự án tạo ra so với các sản phẩm cùng loại trên thị trường...)

### 3. Tình hình thực hiện chế độ báo cáo, kiểm tra của đề tài, dự án:

<b>Số TT</b>	<b>Nội dung</b>	<b>Thời gian thực hiện</b>	<b>Ghi chú</b> (Tóm tắt kết quả, kết luận chính, người chủ trì...)
I	Báo cáo định kỳ		
	Lần 1	12/11/2012	Hoàn thành 64 chuyên đề
	Lần 2	06/05/2013	Hoàn thành 43 chuyên đề. Thực hiện kế hoạch đoàn ra, hội thảo chuyên môn.
	Lần 3	11/11/2013	Hoàn thành 41 chuyên đề. Thực hiện kế hoạch đoàn ra, đoàn vào, hội thảo chuyên môn.
II	Kiểm tra định kỳ		
	Lần 1	12/11/2012	Đề tài đã hoàn thành đầy đủ các sản phẩm như trong kế hoạch đề ra, bao gồm 64 chuyên đề. Các chuyên đề có chất lượng khoa học tốt đáp ứng đầy đủ các yêu cầu đặt ra trong Hợp đồng. Các sản phẩm khoa học đều được hoàn thành đúng tiến độ. Tuy nhiên, tốc độ giải ngân còn chậm.
	Lần 2	06/05/2013	Đề tài đã thực hiện 43 báo cáo chuyên đề. Các báo cáo chuyên đề có chất lượng tốt, đầy đủ và đúng tiến độ. Các sản phẩm như đã đăng ký trong Hợp đồng Nghiên cứu Khoa học và Phát triển công nghệ số

			01/2012/HĐ-KHCN-BĐKH/11-15 đã được hoàn thành đầy đủ. Đề tài cần đẩy nhanh tiến độ quyết toán kinh phí. Sắp xếp kế hoạch thực hiện trao đổi hợp tác quốc tế để đảm bảo tiến độ thực hiện của đề tài.
	Lần 3	11/11/2013	Đề tài đã thực hiện 41 báo cáo chuyên đề. Các báo cáo chuyên đề có chất lượng tốt, đầy đủ. Một số sản phẩm khoa học còn chưa đảm bảo tiến độ do vướng mắc về hệ thống máy để chạy mô hình.
III	Nghiệm thu cơ sở	6/2014	

**Chủ nhiệm đề tài**

**Thủ trưởng tổ chức chủ trì**

**GS.TS. Nguyễn Hữu Dư**

## MỤC LỤC

	Trang
Danh mục ký hiệu, chữ viết tắt	5
Danh mục bảng	7
Danh mục hình vẽ, đồ thị	8
Mở đầu	18
CHƯƠNG 1. VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU TRÊN THẾ GIỚI VÀ HIỆN TRẠNG CỦA VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU Ở VIỆT NAM. NHIỆM VỤ KHOA HỌC ĐẶT RA CỦA ĐỀ TÀI. GIẢI PHÁP KHOA HỌC CỦA ĐỀ TÀI	22
1.1 Tổng quan về hiện trạng của nghiên cứu BĐKH ở trong và ngoài nước, nhiệm vụ đặt ra của đề tài	24
1.2 Giải pháp khoa học và công nghệ để xây dựng kịch bản về các hiện tượng khí hậu cực đoan (ECE) trên khu vực VN-BĐ	29
1.3 Nghiên cứu chọn miền tính và điều kiện biên xung quanh cho mô hình khí hậu khu vực bất thủy tĩnh	32
CHƯƠNG 2 GIỚI THIỆU VỀ CÁC MÔ HÌNH (NHM, NHRCM, REGCM, WAVEWATCH) VÀ SỐ LIỆU (JRA-25, KAKUSHIN, APHRODITE), SỐ LIỆU QUAN TRẮC TRÊN LÃNH THỔ VN VÀ PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ SẢN PHẨM MÔ HÌNH KHÍ HẬU KHU VỰC	34
2.1 Mô hình NHM và NHRCM	34
2.1.1 Động lực học và kỹ thuật số	35

2.1.2	<i>Các quá trình vật lý trong mô hình</i>	37
2.2	Mô hình khí hậu khu vực thủy tĩnh RegCM	38
2.3	Mô hình dự báo sóng WAVEWATCH	42
2.4	Số liệu tái phân tích JRA-25	48
2.5	Bộ số liệu Kakushin	51
2.6	Số liệu tái phân tích APHRODITE	54
2.7	Số liệu quan trắc sử dụng để đánh giá sản phẩm mô hình và xử lý những hạn chế trong từng loại số liệu	55
2.8	Phương pháp đánh giá sản phẩm mô hình khí hậu khu vực	57
2.8.1	<i>Phương pháp đánh giá các yếu tố khí hậu</i>	57
2.8.2	<i>Phương pháp đánh giá các yếu tố trên quy mô ngày</i>	59
2.8.3	<i>Đánh giá mô phỏng bão</i>	59
CHƯƠNG 3	NGHIÊN CỨU LỰA CHỌN MÔ HÌNH KHÍ HẬU KHU VỰC THÍCH HỢP CHO TÁI SINH KHÍ HẬU KHU VỰC VN-BĐ	62
3.1	Mục đích và nội dung của việc lựa chọn mô hình khí hậu khu vực	62
3.2	Phân tích kết quả mô phỏng khí hậu hiện tại (1985-2007) với hai mô hình phân giải thô: RegCM20 và NHRCM20 - Thử nghiệm T1	63
3.2.1	<i>Phân tích kết quả mô phỏng nhiệt độ không khí mực 2 mét - T2m</i>	63
3.2.2	<i>Phân tích kết quả mô phỏng xoáy thuận nhiệt đới (TC) trên Biển Đông</i>	71

3.2.3	<i>Phân tích kết quả mô phỏng mưa</i>	75
3.3	Phân tích kết quả mô phỏng khí hậu hiện tại (1985-1995) của mô hình khí hậu khu vực bất thủy tĩnh phân giải cao NHRCM05. Thử nghiệm T2	85
3.3.1	<i>Phân tích kết quả mô phỏng nhiệt độ mực 2 mét - T2m</i>	85
3.3.2	<i>Phân tích kết quả mô phỏng xoáy thuận nhiệt đới (TC) trên Biển Đông</i>	88
3.3.3	<i>Phân tích kết quả mô phỏng mưa</i>	92
3.4	Kết luận và lựa chọn mô hình sử dụng cho dự tính khí hậu và xây dựng kịch bản ECE do BĐKH cho khu vực VN-BĐ	98
CHƯƠNG 4	DỰ TÍNH MỘT SỐ HIỆN TƯỢNG KHÍ HẬU CỰC ĐOAN ECE CHO KHU VỰC VN-BĐ TRONG TƯƠNG LAI GẦN (2015-2039). KỊCH BẢN	102
4.1	Phân tích dự tính khí hậu trên khu vực VN-BĐ bằng mô hình NHRCM20 với đầu vào là số liệu KAKUSHIN theo kịch bản RCP8.5 - Thử nghiệm phân giải thô T3	103
4.1.1	<i>Phân tích kết quả dự tính nhiệt độ không khí trên độ cao 2m - T2m</i>	103
4.1.2	<i>Phân tích kết quả dự tính lượng mưa</i>	110
4.1.3	<i>Phân tích kết quả dự tính xoáy thuận nhiệt đới – bão (TC)</i>	118
4.2	Phân tích dự tính ECE trên khu vực VN-BĐ bằng mô hình NHRCM05 với đầu vào là số liệu đầu ra	123



của NHRCM20 dựa theo kịch bản RCP8.5 - Thử nghiệm phân giải cao T4	
4.2.1 <i>Phân tích kết quả dự tính nhiệt độ không khí trên độ cao 2m - T2m</i>	123
4.2.2 <i>Phân tích kết quả dự tính lượng mưa</i>	130
4.2.3 <i>Phân tích kết quả dự tính xoáy thuận nhiệt đới - bão (TC)</i>	138
4.3 Thử nghiệm xây dựng kịch bản biến đổi khí hậu cho Việt Nam dựa vào kết quả nghiên cứu của thử nghiệm T3	143
4.3.1 <i>Kịch bản BĐKH đối với nhiệt độ trung bình mùa và năm cho Việt Nam vào năm 2025</i>	143
4.3.2 <i>Kịch bản biến đổi khí hậu đối với lượng mưa mùa và lượng mưa năm cho Việt Nam dựa theo kịch bản RCP8.5</i>	152
4.3.3 <i>Dự tính diễn biến của số cơn TC hoạt động trên BĐ, ảnh hưởng và đổ bộ vào đất liền Việt Nam trong tương lai gần (2015-2035) dựa vào kịch bản RCP8.5</i>	161
4.4 Kết quả thử nghiệm mô phỏng sóng từ mô hình dự báo sóng WAVEWATCH-III	167
4.4.1 <i>Thiết kế thử nghiệm</i>	167
4.4.2 <i>Kết quả thử nghiệm</i>	168
Kết luận	172
Kiến nghị	174
Tài liệu tham khảo	175

## DANH MỤC KÝ HIỆU, CHỮ VIẾT TẮT

AR5	Báo cáo đánh giá lần thứ 5 - Fifth Assessment Report
BB	Bắc Bộ
BĐKH	Biến đổi khí hậu
BTB	Bắc Trung Bộ
ccs	Các cộng sự
CRIEPI	Viện nghiên cứu Năng lượng điện công nghiệp - Central Research Institute of Electric Power Industry
ECE	Hiện tượng khí hậu cực đoan – Extreme Climate Event
ECMWF	Trung tâm dự báo thời tiết hạn vừa Châu Âu – European Center for Medium Weather Forecasting
ES	Hệ thống siêu máy tính - Earth Simulation
EWE	Hiện tượng thời tiết cực đoan – Extreme Weather Event
GCAM	Mô hình đánh giá biến đổi toàn cầu - Global Change Assessment Model
IPCC	Hiệp hội đa chính phủ về biến đổi khí hậu - Intergovernmental Panel on Climate Change
JCDAS	Hệ thống đồng hóa dữ liệu khí hậu – Climate Data Assimilation System
JMA	Cơ quan khí tượng Nhật Bản – Japan Meteorological Agency
JRA25	Japanese 25-year Reanalysis – JRA25
MT	Miền Trung
NB	Nam Bộ

NCAR	Trung tâm nghiên cứu khí quyển quốc gia – National Center for Atmospheric Research
NCDC	Trung tâm dữ liệu khí hậu quốc gia – National Climatic Data Center
NCEP	Trung tâm dự báo môi trường quốc gia Mỹ - National Center for Environmental Prediction
NCKH	Nghiên cứu khoa học
NHM	Mô hình bất thủy tĩnh – Non Hydrostatic Model
NHRCM	Mô hình khí hậu khu vực bất thủy tĩnh – Non Hydrostatic Regional Climate Model
NTB	Nam Trung Bộ
RCMs	Mô hình khí hậu khu vực – Regional Climate Models
RCP4.5	Kịch bản phát thải 4.5 - Representative Concentration Pathway 4.5
RegCM	Mô hình khí hậu khu vực thủy tĩnh RegCM – Regional Climate Model
TC	Xoáy thuận nhiệt đới – Tropical Cyclone
VN-BĐ	Việt Nam – Biển Đông

## DANH MỤC BẢNG

Tên Bảng	Trang
<i>Bảng 2.1 Một số biến phân tích từ JRA25</i>	50
<i>Bảng 2.2 Control file của số liệu Kakushin</i>	53
<i>Bảng 3.1 Tổng số TC mô phỏng/tháng thời đoạn (1986-2010) cho các tháng 8-10 của hai mô hình mô hình RegCM20 và NHRCM20</i>	72
<i>Bảng 3.2 Tổng số TC mô phỏng bởi NHRCM05 và best track từ tháng 7-10 của thời đoạn (1985-1995)</i>	89
<i>Bảng 4.1 Tổng số TC trong 25 năm mô phỏng hiện tại và dự tính tương lai dựa theo RCP8.5 của NHRCM20 trên khu vực VN-BĐ</i>	121
<i>Bảng 4.2 Tổng số TC trong 10 năm mô phỏng hiện tại và dự tính tương lai theo RCP8.5 của NHRCM05 cho khu vực VN-BĐ</i>	141
<i>Bảng 4.3 Mức tăng nhiệt độ trung bình (<math>^{\circ}</math>C) vào năm 2025 so với thời kỳ chuẩn (1980-1999) trên 58 trạm của VN dựa theo kịch bản RCP8.5</i>	150
<i>Bảng 4.4 Mức độ biến đổi lượng mưa trung bình (%) vào năm 2025 so với thời kỳ (1980-1999) theo kịch bản RCP8.5</i>	159

## DANH MỤC HÌNH

Tên Hình	Trang
<i>Hình 1.1 Miền tính lớn, độ phân giải ngang 20km với 40 mực thẳng đứng. Bước thời gian tích phân 60 giây</i>	32
<i>Hình 1.2 Miền tính nhỏ, độ phân giải ngang 5km với 50 mực thẳng đứng. Bước thời gian tích phân 20 giây</i>	33
<i>Hình 2.1 Lưới ngang xen kẽ dạng -B Arakawa-Lamb của mô hình RegCM3 (Elguindi vcs., 2003)</i>	39
<i>Hình 2.2 Cây thư mục lưu trữ số liệu Kakushin</i>	53
<i>Hình 2.3 Phân bố mạng lưới trạm quan trắc (Vùng BB - hình vuông xanh dương, BTB - hình vuông xanh lam, NTB - hình vuông đen, NB - hình vuông xanh lá cây)</i>	57
<i>Hình 3.1 Phân bố <math>T2m(^{\circ}C)</math> trung bình năm mô phỏng bởi: (a) NHRCM20, (c) RegCM20. Hiệu số <math>T2m</math> trung bình năm giữa NHRCM20 (b), RegCM20 (d) và tái phân tích APHRODITE (1985-2007)</i>	64
<i>Hình 3.2 Biểu đồ tụ điểm giá trị <math>T2m</math> (độ C) giữa mô hình (trục tung) và quan trắc tại trạm (trục hoành): (a) TB năm, (b) TB tháng 3-5, (c) TB tháng 6-8, (d) TB tháng 9-11 và (e) TB tháng 12-2 thời đoạn 1985-2007. Ký hiệu: RegCM20 - hình tam giác đỏ, NHRCM20 - hình vuông xanh</i>	65
<i>Hình 3.3 <math>T2m</math> (độ C) trung bình tháng (trục tung) thời đoạn 1985-2007 cho từng khu vực: (a) Bắc Bộ; (b) Bắc Trung Bộ; (c) Nam Trung Bộ; (d) Nam Bộ và (e) toàn Việt Nam. Ký hiệu: Thám sát synop - chấm tròn xanh lục, NHRCM20 - hình vuông xanh lam, RegCM20 - hình tam giác đỏ</i>	66
<i>Hình 3.4 Tần suất <math>T2m</math> (%) TB ngày thời đoạn (1985-2007) cho từng khu vực và toàn VN: (a) Bắc Bộ, (b) Bắc Trung Bộ, (c) Nam Trung Bộ, (d) Nam Bộ, (e) Toàn VN. Các ký hiệu giống như ở</i>	68

<i>Hình 3.3</i>	
<i>Hình 3.5 Tần suất T2m trung bình ngày trên khu vực Bắc Bộ cho 4 mùa: (a) mùa đông 12-2; (b) mùa xuân 3-5; (c) mùa hè 6-8; (d) mùa thu 9-11. Các ký hiệu giống như ở Hình 3.3</i>	68
<i>Hình 3.6 Tần suất T2m (%) trung bình ngày trên khu vực Bắc Trung Bộ cho 4 mùa: (a) mùa đông 12-2; (b) mùa xuân 3-5; (c) mùa hè 6-8; (d) mùa thu 9-11. Các ký hiệu giống như ở Hình 3.3</i>	69
<i>Hình 3.7 Tần suất T2m (%) trung bình ngày trên khu vực Nam Trung Bộ cho 4 mùa: (a) mùa đông 12-2; (b) mùa xuân 3-5; (c) mùa hè 6-8; (d) mùa thu 9-11. Các ký hiệu giống như ở Hình 3.3</i>	70
<i>Hình 3.8 Tần suất T2m (%) trung bình ngày trên khu vực Nam Bộ cho 4 mùa: (a) mùa đông 12-2; (b) mùa xuân 3-5; (c) mùa hè 6-8; (d) mùa thu 9-11. Các ký hiệu giống như ở Hình 3.3</i>	71
<i>Hình 3.9 Số TC trung bình năm và trung bình 4 tháng (5-8) mô phỏng được của RegCM20 (trái) và của NHRCM20 (phải) thời đoạn (1986-2010)</i>	72
<i>Hình 3.10 TC-track mô phỏng từng tháng thời đoạn (1986-2010) bởi RegCM20 (trái) và bởi NHRCM20 (phải)</i>	73
<i>Hình 3.11 Tần suất (%) cường độ TCs mô phỏng được của RegCM20 (hình tam giác đỏ), NHRCM20 (hình vuông xanh lam), best track (chấm tròn xanh lục) của thời đoạn (1986-2010). Trục tung-Tần suất (%), trục hoành-Tốc độ gió cực đại (m/s). (a) Trung bình năm, (b) Trung bình tháng 5-8, (c) Trung bình tháng 9-12, (d) Diễn biến số TC trung bình năm theo tháng</i>	74
<i>Hình 3.12 Tái phân tích mưa APHRODITE (mm) trung bình thời đoạn (1985-2007): (a) tháng 12-2; (b) tháng 3-5; (c) tháng 6-8; (d) tháng 9-11 và (e) trung bình năm</i>	76
<i>Hình 3.13 Lượng mưa trung bình (mm) tháng 6-8 (a, b); tháng 9-11 (c, d) mô phỏng bởi RegCM20 (trái) và bởi NHRCM20 (phải) thời đoạn (1985-2007)</i>	77
<i>Hình 3.14 Tổng lượng mưa năm trung bình (mm) thời đoạn</i>	78

(1986-2007) mô phỏng của RegCM20 (a) và của NHRCM20 (b)	
Hình 3.15 Biểu đồ tụ điểm tổng lượng mưa trung bình mùa và năm của mưa mô phỏng (mm) – trực tung bởi NHRCM20 (hình vuông xanh lam), bởi RegCM20 (hình tam giác đỏ) với mưa thám sát (mm) – trực hoành: (a) tháng 6-8; (b) tháng 9-11 và (c) Trung bình năm của thời đoạn (1985-2007)	79
Hình 3.16 Phân bố lượng mưa TB tháng (mm) thời đoạn (1985-2007) của hai mô hình và thám sát cho các khu vực: (a) BB, (b) BTB, (c) NTB, (d) NB và (e) Toàn VN. Trực tung – lượng mưa (mm); Trực hoành – tháng. Các ký hiệu giống như trên Hình 3.3	81
Hình 3.17 Tần suất (%) mưa ngày TB năm thời đoạn (1985-2007) cho các khu vực và toàn VN của thám sát và của hai mô hình. Trực tung-loga10 của tần suất (%), Trực hoành-lượng mưa ngày TB năm (mm). Ký hiệu giống như trên Hình 3.3	82
Hình 3.18a Tần suất (%) mưa ngày TB mùa hè (6-8) cho các khu vực và toàn VN thời đoạn (1985-2007) của thám sát và của hai mô hình. Trực tung-loga10 của tần suất; Trực hoành-lượng mưa ngày TB mùa (mm). Ký hiệu giống như trên Hình 3.3	83
Hình 3.18b Tần suất (%) mưa ngày TB mùa thu (9-11) cho các khu vực và toàn VN thời đoạn (1985-2007) của thám sát và của hai mô hình. Trực tung-loga10 của tần suất; Trực hoành-lượng mưa ngày TB mùa (mm). Ký hiệu giống như trên Hình 3.3	84
Hình 3.19 Hiệu số T2m giữa mô hình và tái phân tích APHRODITE trung bình của 3 tháng (6-8) thời đoạn (1985-1995): (a) NHRCM05; (b) NHRCM20; (c) RegCM20	86
Hình 3.20 T2m trung bình tháng thời đoạn (1985-1995) mô phỏng của NHRCM cho các khu vực và toàn VN: (a) Bắc Bộ, (b) Nam	87

<i>Bộ và (c) toàn VN. Ký hiệu: synop (chấm tròn xanh lục); NHRCM20 (vuông xanh lam); NHRCM05 (tam giác đỏ)</i>	
<i>Hình 3.21 Tần suất (%) T2m trung bình ngày thời đoạn (1985-1995). Trục tung – Tần suất, Trục hoành – T2m: (a) Bắc Bộ, (b) Nam Bộ và (c) toàn VN. Ký hiệu giống như trên Hình 3.20</i>	88
<i>Hình 3.22 Tập hợp những quỹ đạo của TC mô phỏng được của NHRCM05 (phải) và best track theo JMA (trái) trong mùa bão từ tháng 7 đến tháng 10 của thời đoạn (1985-1995)</i>	90
<i>Hình 3.23 Tần suất cường độ TC (%) cho từng mùa thời đoạn (1985-1995). Trục tung-tần suất (%), trục hoành-tốc độ gió cực đại (m/s). Ký hiệu giống như trên Hình 3.20</i>	91
<i>Hình 3.24 Tổng lượng mưa trung bình năm (mm) thời kỳ (1985-1995) của: (a) NHRCM05, (b)NHRCM20 và (c) Tái phân tích APHRODITE</i>	93
<i>Hình 3.25 Lượng mưa trung bình ba tháng 6, 7, 8 (mm) thời đoạn (1985-1995) của: (a) NHRCM05, (b) NHRCM20 và (c) tái phân tích APHRODITE</i>	94
<i>Hình 3.26 Lượng mưa trung bình ba tháng 9, 10, 11 (mm) thời đoạn (1985-95) của: (a) NHRCM05, (b) NHRCM20 và (c) tái phân tích APHRODITE</i>	95
<i>Hình 3.27 Diễn biến tổng lượng mưa TB tháng (mm) thời đoạn (1985-1995) cho các khu vực và toàn VN. Ký hiệu giống như trên Hình 3.20</i>	96
<i>Hình 3.28 Tần suất lượng mưa ngày trung bình mùa hè (6-8) và trung bình năm thời đoạn (1985-1995) cho các khu vực và toàn VN. Trục tung-loga10 của tần suất, trục hoành-lượng mưa ngày (mm). Ký hiệu giống như trên Hình 3.20</i>	97



Hình 4.1 Phân bố T2m TB theo năm và theo mùa của NHRCM20 cho hiện tại (1979-2003) (trái) và cho tương lai gần (2015-2039) dựa theo RCP8.5 (phải)	104
Hình 4.2 TB năm và TB ba tháng của độ chênh lệch giữa T2m tương lai (2015-2039) và T2m hiện tại (1979-2003)	105
Hình 4.3 Trung bình tháng T2m cho từng khu vực và toàn VN mô phỏng và dự tính bởi NHRCM20. Trục tung- Nhiệt độ (độ C), Trục hoành – tháng. Ký hiệu: thám sát synop (chấm tròn xanh lam); mô phỏng hiện tại (hình vuông đỏ); kịch bản tương lai gần dựa theo RCP8.5 (tam giác xanh lục)	106
Hình 4.4 Tần suất (%) T2m TB ngày nhiều năm trên các khu vực và toàn VN. Trục tung: Tần suất (%); Trục hoành - Nhiệt độ (độ C). Ký hiệu: giống như ở Hình 4.3	107
Hình 4.5 Tần suất (%) T2m TB ngày nhiều năm trên từng khu vực và trên toàn VN cho mùa xuân (3, 4, 5). Ký hiệu giống như Hình 4.3	108
Hình 4.6 Tần suất T2m TB ngày nhiều năm trên từng khu vực và trên toàn VN cho mùa hè (6, 7, 8). Ký hiệu giống như Hình 4.3	109
Hình 4.7 Phân bố tổng lượng mưa TB năm và TB mùa mô phỏng bởi NHRCM20 cho hiện tại (1979-2003) – bên trái, và dự tính cho tương lai gần (2015-2039) theo RCP8.5 - bên phải	111
Hình 4.8 Tỷ số lượng mưa TB giữa lượng mưa tương lai (2015-2039) theo kịch bản RCP8.5 so với lượng mưa mô phỏng hiện tại (1979-2003) cho từng mùa và toàn năm	112
Hình 4.9 Tổng lượng mưa TB tháng trên các khu vực và toàn VN. Trục tung – lượng mưa (mm); Trục hoành – tháng. Ký hiệu giống như trên Hình 4.3	113

Hình 4.10	Diễn biến $\log_{10}$ tần suất (%) tổng lượng mưa ngày (mm) TB trong mùa xuân (3, 4, 5) trên các khu vực và toàn VN. Trục tung – $\log_{10}$ tần suất (%), Trục hoành – lượng mưa ngày (mm). Ký hiệu giống như trên Hình 4.3	115
Hình 4.11	Giống như Hình 4.10, nhưng cho 3 tháng mùa hè (6, 7, 8)	116
Hình 4.12	Giống như Hình 4.10, nhưng trong mùa thu (9, 10, 11)	117
Hình 4.13	Số cơn bão (TC) TB mùa và TB năm mô phỏng của NHRCM20 cho thời kỳ hiện tại (1979-2003)-bên trái; dự tính cho thời kỳ tương lai gần (2015-2039) dựa theo RCP8.5-bên phải	119
Hình 4.14	Tổng số quỹ đạo TC của 25 năm mô phỏng bởi NHRCM20 cho từng mùa và cho toàn năm. Cột bên trái mô phỏng cho hiện tại (1979-2003); Cột bên phải dự tính cho tương lai gần (2015-2039) dựa theo RCP8.5	120
Hình 4.15	Tần suất (%) cường độ TC - đo bằng $V_{max}$ (m/s) trung bình mùa (a, b) và trung bình năm (c). Số TC trung bình năm theo tháng (d). Trục tung-số TC; Trục hoành-tháng. Ký hiệu: Best track (chấm tròn xanh lam); mô phỏng hiện tại 1979-2003 (hình vuông đỏ); dự tính tương lai 2015-2039 theo RCP8.5 (tam giác xanh lục)	122
Hình 4.16.	Phân bố $T2m$ TB theo năm và theo mùa, mô phỏng bởi NHRCM05 cho hiện tại 1979-1988 và dự tính cho tương lai gần 2030-2039 theo kịch bản RCP8.5	124
Hình 4.17.	TB năm và TB ba tháng của độ chênh lệch giữa $T2m$ dự tính tương lai 2030-2039 theo RCP8.5 và $T2m$ mô phỏng hiện tại 1979-1988	125
Hình 4.18.	Trung bình tháng $T2m$ của từng khu vực và toàn VN	126

<i>mô phỏng của NHRCM05. Trục tung-Nhiệt độ (độ C), Trục hoành-tháng. Ký hiệu: thám sát synop (chấm tròn xanh lam); mô phỏng hiện tại 1979-1988 (hình vuông đỏ); dự tính tương lai 2030-2039 theo RCP8.5 (tam giác xanh lục)</i>	
<i>Hình 4.19 Tần suất (%) T2m TB ngày toàn năm trên từng khu vực và trên toàn VN. Trục tung: Tần suất (%); Trục hoành - Nhiệt độ (độ C). Ký hiệu: giống như ở Hình 4.18</i>	127
<i>Hình 4.20 Tần suất (%) T2m TB ngày trên từng khu vực và trên toàn VN cho mùa xuân (3-5). Ký hiệu giống như Hình 4.18</i>	128
<i>Hình 4.21 Tần suất T2m TB ngày nhiều năm trên từng khu vực và trên toàn VN cho mùa hè (6-8). Ký hiệu giống như Hình 4.18</i>	129
<i>Hình 4.22 Phân bố tổng lượng mưa TB theo năm và theo mùa, mô phỏng bởi NHRCM05 cho hiện tại 1979-1988 (bên trái); cho dự tính tương lai gần (2030-2039) theo RCP8.5 (bên phải)</i>	131
<i>Hình 4.23. Tỷ số lượng mưa TB giữa lượng mưa dự tính tương lai (2030-2039) theo RCP8.5 so với lượng mưa mô phỏng hiện tại (1979-1988) cho từng mùa và toàn năm của NHRCM05</i>	132
<i>Hình 4.24 Tổng lượng mưa TB tháng trên các khu vực và toàn VN của NHRCM05. Trục tung – lượng mưa (mm); Trục hoành – tháng. Ký hiệu giống như trên Hình 4.18</i>	134
<i>Hình 4.25 Diễn biến loga10 tần suất (%) theo tổng lượng mưa ngày (mm) TB trong mùa xuân (3-5) trên các khu vực và toàn VN. Trục tung – Loga10 của tần suất; Trục hoành – lượng mưa (mm). Ký hiệu như trên Hình 4.18</i>	135
<i>Hình 4.26 Giống như Hình 4.25, nhưng cho 3 tháng mùa hè (6-8)</i>	136
<i>Hình 4.27 Giống như Hình 4.25, nhưng cho mùa thu (9-11)</i>	137
<i>Hình 4.28 Phân bố số cơn TC TB mùa và TB năm mô phỏng của</i>	139

<i>NHRCM05 cho thời kỳ hiện tại 1979-1988 (bên trái) và cho thời kỳ tương lai gần 2030-2039 theo RCP8.5 (bên phải)</i>	
<i>Hình 4.29 Tổng số quỹ đạo TC trong 10 năm mô phỏng bởi NHRCM05 cho từng mùa và cho toàn năm. Cột bên trái mô phỏng hiện tại (1979-1988); Cột bên phải dự tính tương lai (2030-2039) dựa theo RCP8.5</i>	140
<i>Hình 4.30 Tần suất (%) cường độ TC (đo bằng tốc độ gió cực đại m/s) trung bình mùa (a,b) và trung bình năm (c). Số TC trung bình năm theo tháng (d). Trục tung-số TC; Trục hoành-tháng. Ký hiệu: Best track (chấm tròn xanh lam); mô phỏng của NHRCM05(1979-1988) (hình vuông đỏ); dự tính của NHRCM05 (2030-2039) theo RCP8.5 (tam giác xanh lục)</i>	142
<i>Hình 4.31a Mức độ tăng nhiệt độ trung bình mùa đông - DJF (độ C) trên lãnh thổ Việt Nam vào năm 2025 dựa theo kịch bản RCP8.5</i>	144
<i>Hình 4.31b. Tần suất (%) T2m TB ngày cho mùa đông trên lãnh thổ VN. Ký hiệu: quan trắc synop (chấm tròn xanh lam); mô phỏng của NHRCM20 cho thời kỳ hiện tại (1980-1999) (hình vuông đỏ); dự tính cho mùa đông năm 2025 theo RCP8.5 (tam giác xanh lục)</i>	144
<i>Hình 4.32a Mức độ tăng nhiệt độ trung bình (°C) trong mùa xuân – MAM trên lãnh thổ Việt Nam vào năm 2025 dựa theo RCP8.5</i>	145
<i>Hình 4.32b Tần suất (%) nhiệt độ 2 mét trung bình ngày cho mùa xuân. Ký hiệu giống như trên Hình 4.31b, nhưng cho mùa xuân</i>	146
<i>Hình 4.33a Mức độ tăng nhiệt độ trung bình (°C) trong mùa hè – JJA trên lãnh thổ Việt Nam vào năm 2025 dựa theo RCP8.5</i>	146
<i>Hình 4.33b Tần suất (%) nhiệt độ 2 mét trung bình ngày cho mùa hè. Ký hiệu giống như trên Hình 4.31b, nhưng cho mùa hè</i>	147
<i>Hình 4.34a Mức tăng nhiệt độ trung bình (°C) trong mùa thu -</i>	148

<i>SON trên lãnh thổ Việt Nam vào năm 2025 theo RCP8.5</i>	
<i>Hình 4.34b Tần suất (%) nhiệt độ 2 mét trung bình ngày cho mùa thu. Ký hiệu giống như trên Hình 4.31b, nhưng cho mùa thu</i>	148
<i>Hình 4.35a Mức độ tăng nhiệt độ trung bình năm (<math>^{\circ}\text{C}</math>) vào năm 2025 trên lãnh thổ Việt Nam theo kịch bản RCP8.5</i>	149
<i>Hình 4.35b Tần suất (%) nhiệt độ 2 mét trung bình ngày toàn năm. Ký hiệu giống như trên Hình 4.31b, nhưng cho toàn năm</i>	150
<i>Hình 4.36a Mức độ biến đổi lượng mưa trung bình (%) trong mùa đông trên lãnh thổ Việt Nam vào năm 2025 theo kịch bản RCP8.5</i>	152
<i>Hình 4.36b Loga10 tần suất (%) lượng mưa ngày trung bình trên toàn VN vào mùa đông. Ký hiệu: quan trắc thời kỳ 1980-1999 (chấm tròn xanh lam); mô phỏng thời kỳ 1980-1999 (hình vuông đỏ); dự tính cho mùa đông năm 2025 dựa theo kịch bản RCP8.5 (tam giác xanh lục)</i>	153
<i>Hình 4.37a Mức độ biến đổi lượng mưa TB (%) trong mùa xuân trên lãnh thổ Việt Nam vào năm 2025 theo kịch bản RCP8.5</i>	154
<i>Hình 4.37b Loga10 tần suất (%) lượng mưa ngày trung bình trên VN vào mùa xuân. Ký hiệu giống như trên Hình 4.36b</i>	154
<i>Hình 4.38a Mức độ biến đổi lượng mưa TB (%) trong mùa hè trên lãnh thổ Việt Nam vào năm 2025 theo kịch bản RCP8.5</i>	155
<i>Hình 4.38b Loga10 tần suất (%) lượng mưa ngày trung bình trên VN vào mùa hè. Ký hiệu giống như trên Hình 4.36b, nhưng cho mùa hè</i>	156
<i>Hình 4.39a Mức độ biến đổi lượng mưa TB (%) trong mùa thu trên lãnh thổ Việt Nam vào năm 2025 theo kịch bản RCP8.5</i>	157
<i>Hình 4.39b Loga10 tần suất (%) lượng mưa ngày trung bình vào mùa thu. Ký hiệu giống như trên Hình 4.36b</i>	157
<i>Hình 4.40a Mức độ biến đổi lượng mưa năm (%) trên lãnh thổ Việt Nam vào năm 2025 theo kịch bản RCP8.5</i>	158
<i>Hình 4.40b Loga10 tần suất (%) lượng mưa ngày trung bình năm. Ký hiệu giống như trên Hình 4.36b</i>	159
<i>Hình 4.41 Diễn biến số cơn TC trung bình theo tháng. Ký hiệu: số</i>	162

<i>TC theo Best track của JMA thời kỳ 1980-1999 (chấm tròn xanh lam); số TC mô phỏng của NHRCM20 thời kỳ 1980-1999 (hình vuông đỏ); số TC dự tính của NHRCM20 thời kỳ 2015-2035 dựa theo RCP8.5 (tam giác xanh lục)</i>	
<i>Hình 4.42 Tần suất (%) cường độ TC của 4 tháng 5-8. Trục tung – Tần suất. Trục hoành - cường độ TC đo bằng tốc độ gió cực đại (m/s). Ký hiệu giống như trên Hình 4.41</i>	163
<i>Hình 4.43 Tần suất (%) cường độ TC của 4 tháng 9-12. Ký hiệu giống như trên Hình 4.42</i>	164
<i>Hình 4.44 Diễn biến số cơn TC thời kỳ 1980-1999 theo hai mùa MJJA (tháng 5-8) và SOND (tháng 9-12). Ký hiệu: mô phỏng của NHRCM20 (hình vuông xanh); Best track (chấm tròn đỏ); Đường thẳng tím đậm, trên - xu thế diễn biến số TC mô phỏng bởi NHRCM20; Đường thẳng đen đậm, dưới - xu thế diễn biến số cơn TC theo Best track</i>	165
<i>Hình 4.45 Diễn biến số cơn TC trung bình trong thời kỳ 2015-2035 (theo hai mùa MJJA (tháng 5-8) và SOND (tháng 9-12)). Ký hiệu: Đường màu xanh là số cơn TC trung bình; đường màu đỏ là xu thế diễn biến số cơn TC trung bình giai đoạn 2015-2035 theo RCP8.5</i>	165
<i>Hình 4.46 Miền tính chạy mô hình sóng</i>	168
<i>Hình 4.47 Độ cao sóng và hướng sóng mô phỏng trung bình tháng 12/1988 của WAVEWATCH-III đối với Domain 1 (a) và Domain 2 (b)</i>	169
<i>Hình 4.48 Chu kỳ sóng và hướng sóng mô phỏng trung bình tháng 12/1988 đối với Domain 1 (a) và Domain 2 (b)</i>	169
<i>Hình 4.49 Độ cao sóng và hướng sóng dự tính trung bình tháng 12/2030 đối với Domain 1 (a) và Domain 2 (b)</i>	170
<i>Hình 4.50 Chu kỳ sóng và hướng sóng dự tính trung bình tháng 12/2030 đối với Domain 1 (a), Domain 2 (b)</i>	171

## MỞ ĐẦU

Biến đổi khí hậu (BĐKH) thể hiện điển hình qua sự nóng lên toàn cầu và mực nước biển dâng đang là sự thách thức to lớn đối với nhân loại trên toàn thế giới trong thế kỷ 21.

**Dự tính BĐKH** (*Climate Change Projection*) trên quy mô toàn cầu là mô phỏng khí hậu toàn cầu bằng mô hình khí hậu toàn cầu ứng với các kịch bản phát thải khí nhà kính tương ứng. Từ đó ta có những thông tin phản ánh khả năng diễn biến khí hậu trong tương lai. Nói chung, các mô hình với những kịch bản khác nhau đưa ra những sản phẩm dự tính không giống nhau do tính bất định luôn luôn tiềm ẩn trong mô hình. Trong mỗi mô hình đơn lẻ luôn tồn tại những điểm mạnh và những điểm yếu khiến cho “không một mô hình nào được coi là hoàn thiện và việc sử dụng kết quả từ nhiều mô hình là quan trọng” (McAvaney và ccs., 2001) [33]. Để giảm bớt tính bất định, với cùng một kịch bản phát thải, sản phẩm dự tính của nhiều mô hình khác nhau được sử dụng để xây dựng các kịch bản BĐKH (Tebaldi và Knutti, 2007) [54]. Một trong những dự án quan trọng nhất trong vấn đề này có thể kể đến là dự án so sánh đa mô hình khí hậu CMIP3 (Meehl và ccs. 2007) [34]. Tiếp nối dự án CMIP3 là tiến hành dự án CMIP5 để phục vụ Báo cáo đánh giá lần thứ 5 của IPCC, xuất bản năm 2013.

Một số nghiên cứu chỉ ra rằng trong khu vực châu Á gió mùa, các mô hình khí hậu toàn cầu phân giải thô thường không đưa ra được những mô phỏng thỏa đáng (Lau và Yang 1996; Yu và ccs. 2000) [30, 63]. Trong khi đó, nhiều nghiên cứu đã cho thấy các mô hình khí hậu khu vực (RCMs) có thể mô phỏng khí hậu khu vực gió mùa tốt hơn so với các mô hình toàn cầu (Fu và ccs. 1998; Lee và Suh 2000) [11, 31].

Để nghiên cứu BĐKH ở quy mô khu vực và từ đó có thể nghiên cứu đánh giá các tác động của BĐKH có thể sử dụng phương pháp hạ quy mô

thống kê (statistical downscaling) hay hạ quy mô động lực (dynamical downscaling) sản phẩm của các mô hình khí hậu toàn cầu. Phương pháp thứ hai hiện đang được ưu tiên sử dụng. Hạ quy mô động lực là sử dụng các mô hình khí hậu khu vực (RCM) phân giải cao với điều kiện biên biến đổi là sản phẩm mô phỏng từ các mô hình khí hậu toàn cầu. Vậy thì downscaling là cầu nối giữa kết quả của mô hình khí hậu và nghiên cứu tác động. *Hai điểm mạnh chìa khóa của hạ quy mô động lực là mô hình khu vực sẽ biểu diễn được các điều kiện bề mặt kể cả địa hình và biểu diễn được những nhiễu động quy mô vừa (meso-scale).* Phương pháp này cho phép mô tả chi tiết hơn các quá trình mang tính địa phương và khu vực. Sản phẩm của các mô hình khí hậu khu vực phong phú và chi tiết hơn so với sản phẩm từ mô hình toàn cầu.

Nhằm đánh giá năng lực của RCM và tính bất định trong việc đưa ra các thông tin khí hậu quy mô khu vực, người ta đã tiến hành một số dự án so sánh tổ hợp đa mô hình (Takle và ccs. 1999; Curry và Lynch 2002; Aberson và ccs. 2003) [53, 6, 1]. Sản phẩm tổ hợp có thể cho những kết quả tốt hơn (Palmer và Räisäne 2002; Collins 2007; Ulbrich và ccs. 2008) [39, 5, 58].

Kết quả nghiên cứu của nhiều Trung tâm nghiên cứu khí hậu lớn trên thế giới bằng các phương pháp khác nhau (như Châu Âu ở Reading, Đức ở Viện Nghiên cứu Khí tượng MaxPlank, Mỹ - IRI, Nhật - JMA...) đã khẳng định rằng cùng với tác động vũ trụ thông qua hoạt động của hệ mặt trời thì hoạt động của con người cũng góp phần quan trọng vào sự nóng lên toàn cầu - BĐKH.

Cùng với sự phát triển phi thường của máy tính siêu tốc trong một vài thập kỷ qua các nghiên cứu và dự tính BĐKH đã có thể sử dụng cả mô hình khí hậu khu vực hay khu vực hạn chế bất thủy tĩnh ở nhiều nước phát triển. Sau đây là vài ví dụ điển hình.

Mô hình CCLM là phiên bản khí hậu của mô hình COSMO (hay LM – Lokal Model) của Tổng Cục Khí tượng Liên Bang Đức DWD (Deutscher



Wetterdienst), là mô hình khu vực hạn chế phi thủy tĩnh dự báo khí quyển sử dụng nghiệp vụ từ năm 1999. Các nghiên cứu tập trung đánh giá cấu trúc của hoàn lưu mực thấp, sự phân bố về không gian và thời gian của nhiệt độ, lượng mưa cùng với phân bố nguồn bức xạ và năng lượng bề mặt. Nhìn chung CCLM đã tái tạo được hầu hết các đặc điểm về khí hậu khu vực Châu Phi mặc dù có vài điểm hạn chế rõ rệt. Tác giả Hohenegger C. (2008) [19] đã tiến hành so sánh kết quả mô hình CCLM với hai độ phân giải khác nhau là 25km và 2.2 km nhận được nhờ hạ quy mô từ chính độ phân giải 25km. Kết quả cho thấy với độ phân giải 2.2km, tương ứng với độ phân giải mây, CCLM đã nắm bắt được hầu hết các quá trình hình thành và phân bố giáng thủy, hơn nữa ở độ phân giải mây chính xác hơn về cực đại lượng mưa và giảm sai số thiên cao mưa, đặc biệt mô phỏng tốt hơn chu trình đối lưu ngày và đêm.

Ở châu Á, Nhật Bản là nước đang đầu tư đặc biệt mạnh cho việc nghiên cứu BĐKH. **Chương trình Kakushin** (2007-2011) là chương trình dự tính BĐKH cho thế kỷ 21 (*Kakushin Program: Kakushin Innovative Program of Climate Change Projection for the 21<sup>st</sup> Century*) với sử dụng máy tính siêu tốc “Earth Simulator” và đã thành công với 5 nội dung khoa học chính: 1) *Dự tính biến đổi toàn cầu hạn dài (~2300)*, 2) *Dự tính khí hậu tương lai gần (dự tính 20-30 năm)*, 3) *Dự tính các hiện tượng cực đoan (Bão, mưa lớn, v.v...)*, 4) *Mô hình hóa mây* và 5) *Tham số hóa vi vật lý biển*. Kết quả nghiên cứu của Chương trình Kakushin được tổng kết trong ấn phẩm xuất bản mang tên “*Special Issue on Recent Development on Climate Models and Future Climate Projections*” trong toàn tập: *Journal of the Meteorological Society of Japan. Volume 90A, February 2012, 409 p.*

Nối tiếp chương trình Kakushin được gọi là **Chương trình SOUSEI (2012-2016)**. Đây là chương trình nghiên cứu sâu hơn để đạt đến cung cấp thông tin về những rủi ro sinh ra do biến đổi khí hậu gây nên (impacts). Trong đó **Dự án C** của Chương trình SOUSEI có nhiệm vụ phát triển công nghệ cơ

sở để đưa ra những thông tin rủi ro do biến đổi khí hậu trên tiểu khu vực. Đó là phát triển những mô hình khí hậu phân giải siêu cao để dự tính và đưa ra những thông tin rủi ro xác suất nhờ sử dụng thông tin về tai biến khí tượng thủy văn và bằng các kiểu tổ hợp để đánh giá những rủi ro do BĐKH trên từng vùng lãnh thổ quy mô vừa và nhỏ.

Trong mấy năm qua nhóm cán bộ khoa học chúng tôi đã có trao đổi khoa học với nhóm nghiên cứu của Phòng khí hậu thuộc Viện Nghiên cứu Khí tượng (MRI), JMA của Nhật để tiếp thu những kết quả nghiên cứu trong Chương trình Kakushin nêu trên và để ứng dụng vào VN nhằm hòa nhập với xu thế nghiên cứu khoa học trong BĐKH của các nước phát triển. Đề tài BĐKH-01 sẽ tiến hành thử nghiệm ứng dụng mô hình khí hậu khu vực bất thủy tĩnh NHRCM của MRI, JMA cùng với phương pháp dynamical downscaling vào nghiên cứu BĐKH ở Việt Nam.

Đề tài BĐKH-01 hướng tới thực hiện nội dung 3) trong chương trình Kakushin là dự tính ECE cho khu vực Việt Nam – Biển Đông (VN-BĐ) với sử dụng kịch bản BĐKH **RCP8.5 (Representative Concentration Pathway 8.5)** của Chương trình Kakushin và hợp tác chặt chẽ với **Dự án C của Chương trình SOUSEI (2012-2016)**. Bằng phương pháp hạ quy mô động lực chúng tôi hướng tới sử dụng mô hình khí hậu khu vực bất thủy tĩnh của MRI, JMA được gọi là NHRCM với độ phân giải cao tối đa mà chúng tôi có thể thực hiện (5 km phân giải ngang và 50 mực thẳng đứng).

## CHƯƠNG 1

# VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU TRÊN THẾ GIỚI VÀ HIỆN TRẠNG CỦA VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU Ở VIỆT NAM. NHIỆM VỤ KHOA HỌC ĐẶT RA CỦA ĐỀ TÀI. GIẢI PHÁP KHOA HỌC CỦA ĐỀ TÀI

Với sự phát triển phi thường của khoa học máy tính việc ứng dụng các mô hình thủy động lực trên quy mô toàn cầu (GCM) cho nghiên cứu về BĐKH và xây dựng các kịch bản khí hậu đã phổ biến ở các Trung tâm nghiên cứu trên thế giới của các nước phát triển vì tiềm lực cao của họ về đội ngũ cán bộ khoa học và siêu máy tính. Nhờ đó họ đã xây dựng được những được những kịch bản phát thải khác nhau cho khí hậu thế kỷ 21 bằng các mô hình hoàn lưu chung khí quyển (GCM) như:

Ở Mỹ có mô hình PCM1 (the Parallel Climate Model) của NCAR (Trung tâm Quốc gia Nghiên cứu Khí quyển Mỹ), mô hình CM2.1 của GFDL (Phòng nghiên cứu Động lực học chất lỏng vật lý địa cầu) thuộc NOAA (Cơ quan quản lý biển và khí quyển quốc gia Mỹ)...

Cộng hòa Liên bang Đức sử dụng nhiều mô hình khí hậu toàn cầu khác nhau cho nghiên cứu xây dựng kịch bản BĐKH thế kỷ 21 với thời kỳ chuẩn được chọn là 1961-1990. Họ đã chạy các mô hình như HadCM3, CSIRO2, NCAR-PCM và CGCM2 với các kịch bản phát thải khác nhau như A1FI, A2, B1, và B2 cho các thời kỳ kỳ 2020, 2050, và 2080 so với thời kỳ chuẩn.

Viện Nghiên cứu Khí tượng Nhật Bản (MRI, JMA) đã xây dựng và ứng dụng hệ thống mô hình AGCM-MRI với các độ phân giải ngang 180 x 180, 120 x 120, 60 x 60 và 20 x 20km. Dựa trên kịch bản phát thải A1B, mô hình này đã đưa ra kịch bản cho nhiều yếu tố khí tượng như nhiệt độ, lượng mưa, các cực trị về nhiệt độ, lượng mưa đến cuối thế kỷ 21. Kết quả mô hình AGCM-MRI với phân giải 20 x 20km đã được nhiều nước ứng dụng để xây

dụng kịch bản và đã được IPCC tổng hợp, phân tích trong báo cáo đánh giá lần thứ 4 (AR4) của IPCC (Ủy ban liên chính phủ về BĐKH). Gần đây MRI đang ứng dụng mô hình toàn cầu GCAM (Global Change Assessment Model) với kịch bản RCP8.5 với độ phân giải 60 x 60, 20 x 20km và cao hơn. Hiện nay MRI, JMA đang khuyến khích các nước trong khu vực Đông Nam Á sử dụng sản phẩm của GCAM-RCP8.5 để nghiên cứu BĐKH khu vực nhờ các mô hình khí hậu khu vực và phương pháp hạ quy mô động lực (dynamical downscaling). MRI sẵn sàng cung cấp sản phẩm của GCAM-RCP8.5 và mô hình khí hậu khu vực cho những nước quan tâm. *Đề tài BĐKH.01 đang tiệm cận vấn đề nghiên cứu BĐKH khu vực cho VN theo hướng này.*

Ở Anh, để xây dựng các kế hoạch ứng phó với BĐKH, cơ quan Khí tượng Hadley đã chủ trì xây dựng và phát triển các kịch bản BĐKH cho toàn lãnh thổ Anh Quốc được công bố lần đầu tiên vào năm 1998, kịch bản này sau đó được cập nhật lần 1 vào năm 2002 và lần 2 vào năm 2009. Các kịch bản BĐKH là sản phẩm tổng hợp của nhiều phương án chạy kịch bản khí hậu khác nhau bằng mô hình số trị khí hậu khu vực phân giải cao (25 x 25km), mô tả sự thay đổi của các yếu tố khí hậu chính như nhiệt độ, lượng mưa cũng như một số yếu tố và hiện tượng khí hậu cực đoan trong tương lai so với thời kỳ chuẩn 1961-1990. Các thông tin đưa ra là giá trị xác suất ứng với từng cấp độ thay đổi nhằm tăng khả năng ứng dụng trong nghiên cứu đánh giá tác động.

Tác động của BĐKH và rủi ro sinh ra có thể đưa đến tai biến đối với con người và mọi hoạt động của xã hội gắn liền với các hiện tượng thời tiết cực đoan. SREX là báo cáo đặc biệt về vấn đề này, trong đó đã đánh giá quan hệ của cực đoan khí hậu (Climate Extreme) với BĐKH và được IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) thừa nhận tháng 11 năm 2011. Theo định nghĩa của SREX, để đơn giản, cả các hiện tượng thời tiết cực đoan và các hiện tượng khí hậu cực đoan được gọi chung là cực đoan khí hậu (*For*

*simplicity, both extreme weather events and extreme climate events are referred to collectively as 'climate extremes'.*

SREX khảo sát tỉ mỉ quy mô xã hội cũng như quy mô vật lý của những thảm họa gắn liền với thời tiết và khí hậu và tính đến những cơ hội cho việc quản lý rủi ro trên quy mô khu vực cũng như quốc tế.

Ở Việt Nam đã và đang ứng dụng nhiều mô hình khí hậu khu vực trong nghiên cứu khí hậu và BDKH như CIWRF (phiên bản khí hậu của mô hình WRF), CMM5 (phiên bản khí hậu của mô hình MM5), REMO,... đặc biệt là mô hình RegCM, để mô phỏng các yếu tố và hiện tượng khí hậu cực đoan (Phan Văn Tân và ccs, 2008) [70]. Tuy nhiên, cho đến nay các nghiên cứu chỉ mới ứng dụng các mô hình thủy tĩnh trong khi các quá trình diễn biến thời tiết - khí hậu mạnh ở khu vực nhiệt đới - cận xích đạo như trên vùng VN-BĐ lại diễn hình là bất thủy tĩnh. Mô hình bất thủy tĩnh có khả năng tái sinh hay mô phỏng tốt được thời tiết khí hậu mạnh - thời tiết khí hậu cực đoan (EWE hay ECE). Bởi vậy việc phát triển nghiên cứu và áp dụng các mô hình thời tiết và khí hậu khu vực bất thủy tĩnh ở VN là nhu cầu khoa học và ứng dụng thiết thực.

### **1.1 Tổng quan về hiện trạng của nghiên cứu BDKH ở trong và ngoài nước, nhiệm vụ đặt ra của đề tài**

Ở Việt Nam trong dự báo khí hậu đến nay chúng ta chủ yếu vẫn sử dụng phương pháp thông kê truyền thống, đặc biệt trong nghiệp vụ. Trong những nghiên cứu gần đây đã bắt đầu cập nhật một số mô hình khu vực và sử dụng phương pháp hạ quy mô thông kê hay động lực. Lý do chính là điều kiện khoa học kỹ thuật của ta chưa cho phép sử dụng mô hình dự báo toàn cầu và trên thế giới mô hình dự báo khí hậu khu vực cũng mới được phát triển tốt trong vài thập kỷ cuối.

Trong những năm gần đây đã có nhiều đề tài NCKH ứng dụng mô hình khí hậu khu vực trong nghiên cứu khí hậu như CIWRF, CMM5, REMO,...

đặc biệt là mô hình RegCM để mô phỏng các yếu tố và hiện tượng khí hậu cực đoan (Phan Văn Tân và nnk, 2008) [70]. Tuy nhiên các nghiên cứu chỉ mới ứng dụng các mô hình thủy tĩnh trong khi các quá trình diễn biến thời tiết- khí hậu mạnh ở khu vực nhiệt đới-cận xích đạo như trên vùng VN-BĐ lại diễn hình là bất thủy tĩnh.

Dự tính BĐKH bằng mô hình số càng phức tạp hơn so với dự báo khí hậu bởi lẽ việc tạo ra những kịch bản khoa học về phát thải khí nhà kính để đưa vào mô hình toàn cầu không chỉ làm cho mô hình thêm phức tạp mà còn đòi hỏi thêm nhiều hiểu biết về các chuyên ngành khoa học và xã hội khác. Để có được những kịch bản hữu ích cho việc hoạch định chính sách ứng phó với tác động của BĐKH trên từng khu vực, cho từng quốc gia đòi hỏi sự đầu tư kinh phí rất lớn với tiềm năng khoa học công nghệ cao, và quan trọng hơn nữa là cần có đội ngũ cán bộ khoa học mạnh. Ở Việt Nam hướng nghiên cứu này mới được quan tâm trong những năm gần đây.

Phương pháp mô hình hóa kết hợp thống kê trong nghiên cứu BĐKH và tác động của chúng đã được bắt đầu trong các nghiên cứu gần đây thông qua các đề tài cấp Bộ và cấp Nhà Nước. Một số nghiên cứu ở Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường như Nguyễn Văn Thắng và ccs, 2006; Trần Thục và ccs, 2012 [71, 72] tập trung nhiều vào đánh giá tác động của BĐKH đến tài nguyên thiên nhiên và tìm giải pháp giảm nhẹ tác động của BĐKH ở Việt Nam. Gần đây nhất có nghiên cứu tác động của BĐKH, khả năng dự báo tác động của BĐKH tiến tới xây dựng kịch bản trong Đề tài KC08.29/06-10 do Phan Văn Tân làm chủ nhiệm (Phan Văn Tân và ccs, 2008) [70]. Trong đề tài này tập thể tác giả đã thực hiện một phổ rất rộng các vấn đề khoa học gắn liền với BĐKH, với vận dụng có thể nói hầu hết các phương pháp khác nhau từ thống kê đơn giản, thống kê hiện đại đến mô hình hóa thủy động. Theo cách tiệm cận này tập thể tác giả Đề tài KC08.29/06-10 đã sử dụng ngoài ba mô hình khu vực thủy tĩnh (RegCM, REMO, MM5CL)

còn tự chạy cả mô hình lồng hoàn lưu khí quyển - đại dương (CAM-SOM) với tham vọng về khả năng thực hiện dự đoán mùa các hiện tượng khí hậu cực đoan (ECE) phục vụ cho xây dựng kịch bản BĐKH khu vực về ECE. Tuy nhiên phương pháp luận khoa học cũng như kết quả nhận được của đề tài này còn nên được thảo luận.

Với trình độ khoa học công nghệ non trẻ, phương tiện và phương pháp nghiên cứu BĐKH cũng còn rất non trẻ ta chưa thể có ngay những sản phẩm khoa học tin cậy về tác động của BĐKH. Tuy vậy các nhà nghiên cứu khí hậu VN cũng đã từng phân đưa ra những Kịch bản BĐKH như: Kịch bản biến đổi khí hậu xây dựng năm 1994 trong báo cáo về biến đổi khí hậu ở châu Á của Ngân hàng phát triển châu Á; Kịch bản biến đổi khí hậu được xây dựng cho Thông báo đầu tiên của Việt Nam cho Công ước khung của Liên Hợp Quốc về biến đổi khí hậu năm 2003; Kịch bản biến đổi khí hậu được xây dựng năm 2002, 2003 bằng phương pháp chi tiết hóa thống kê do Viện KHKT TV & MT xây dựng với ứng dụng phần mềm MAGICC/SCENGEN 4.1.

Kết quả tổng hợp điển hình là Bộ Tài nguyên và Môi trường đã xây dựng được *Kịch bản Biến đổi khí hậu, Nước biển dâng cho Việt Nam 2009* bằng phương pháp tổ hợp và chi tiết hóa thống kê truyền thống. Kịch bản mô tả sự thay đổi của nhiệt độ, lượng mưa ở 7 vùng khí hậu được xây dựng trên cơ sở ứng dụng phần mềm MAGICC/SCENGEN và phương pháp chi tiết hóa thống kê. Sản phẩm khoa học này có tác dụng định hướng cho những nghiên cứu tiếp theo.

Cùng với sự phát triển nghiên cứu ứng dụng các mô hình khí hậu khu vực các nhà khoa học ở Viện KH KTTV & MT Việt Nam đã cập nhật nghiên cứu sử dụng các mô hình khí hậu khu vực mới của thế giới như mô hình PRECIS của Anh, mô hình CCAM của Úc, mô hình WRF với đầu vào lấy từ mô hình toàn cầu của Na Uy cùng với khai thác sản phẩm của chúng. Kế thừa phương pháp chi tiết hóa thống kê đã sử dụng trong Kịch bản 2009 và tiếp thu

ứng dụng phương pháp chi tiết hóa động lực với sản phẩm dự tính của ba mô hình số nêu trên Bộ Tài nguyên và Môi trường đã phát hành Kịch bản mới: *Kịch bản Biến đổi khí hậu, Nước biển dâng cho Việt Nam 2012*. Điểm mới trong Kịch bản này ngoài về phương pháp nêu trên còn là sự kế thừa các cơ sở dữ liệu toàn cầu của IPCC với các kịch bản phát thải khí nhà kính khác nhau: như kịch bản phát thải thấp (B1), Kịch bản phát thải trung bình (B2, A1B) và Kịch bản phát thải cao (A2, A1F1). Thêm vào đó, đối với các yếu tố khí hậu trong xây dựng Kịch bản 2012 còn sử dụng thêm số liệu quan trắc trên 200 trạm quan trắc khí tượng có trong lịch sử trên lãnh thổ VN. Kết quả của sự tổ hợp hai phương pháp chi tiết hóa thống kê và động lực cùng với sử dụng các cơ sở dữ liệu phong phú Kịch bản 2012 đã cung cấp thông tin chi tiết hơn (Giá trị cụ thể cho 63 tỉnh/thành phố trên lãnh thổ VN cho từng thập kỷ đến cuối thế kỷ 21) so với Kịch bản 2009 như: Kịch bản về nhiệt độ và lượng mưa thể hiện chi tiết cho các khu vực nhỏ của Việt Nam, đáp ứng được yêu cầu đánh giá tác động của BĐKH đối với từng khu vực nhỏ; Các yếu tố cực trị (nhiệt độ cao nhất, thấp nhất, mưa lớn) để phục vụ cho công tác quy hoạch và thiết kế của các ngành; Các kịch bản nước biển dâng chi tiết đến từng khu vực ven biển.

Ngoài ra trong những năm gần đây đã có những Dự án nghiên cứu xây dựng Kịch bản BĐKH cho VN trong hợp tác giữa VN với các nước phát triển như Dự án giữa Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường (IMHEN), Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội (ĐHKHTN) và Tổ chức Nghiên cứu Khoa học và Công nghiệp Liên bang Úc (CSIRO) với sử dụng mô hình RegCM, WRF để chi tiết hóa động lực với số liệu đầu vào từ mô hình CCAM hay Dự án “Ứng dụng mô hình hệ thống mô phỏng trái đất của NaUy xây dựng kịch bản BĐKH, nghiên cứu hệ thống gió mùa và các hiện tượng khí hậu cực đoan ở Việt Nam” đang được thực hiện tại IMHEN trong khuôn khổ hợp tác song phương giữa Bộ Ngoại giao NaUy và



Bộ Tài nguyên và Môi trường...

Tuy nhiên sản phẩm của những nghiên cứu trong nước hiện nay vẫn chưa đáp ứng đầy đủ những yêu cầu cao về độ tin cậy và mức độ chi tiết về rủi ro do BĐKH và nước biển dâng để giúp cho việc hoạch định chính sách và biện pháp ứng phó. Bởi vậy việc đầu tư cho những phương pháp nghiên cứu khác nhau để hiểu biết tốt hơn về bản chất và sự diễn biến các yếu tố khí hậu nói chung và hiện tượng khí hậu cực đoan (ECE) nói riêng do tác động của BĐKH, nước biển dâng và để có kịch bản chi tiết hơn, đặc biệt là chi tiết hơn về không gian và thời gian cho Việt Nam vẫn là rất cần thiết.

Diễn biến các quá trình thời tiết khí hậu vùng nhiệt đới cần xích đạo như trên khu vực VN-BĐ có tính bất thủy tĩnh cao và một mô hình bất thủy tĩnh tốt có thể tái sinh hay mô phỏng được thời tiết khí hậu mạnh-thời tiết khí hậu cực đoan (EWE hay ECE). Bởi vậy việc phát triển nghiên cứu và áp dụng các mô hình thời tiết và khí hậu khu vực bất thủy tĩnh ở VN là nhu cầu khoa học và ứng dụng thiết thực.

Một biện pháp hữu hiệu để nắm bắt tốt hơn EWE sinh ra do BĐKH là lồng một *mô hình khí hậu khu vực bất thủy tĩnh* phân giải cao vào một mô hình toàn cầu được gọi là hạ quy mô động lực (Dynamical Downscaling). Đánh giá trong một nghiên cứu của Masaomi NAKAMURA trong chương trình Kakushin cho thấy phương pháp hạ quy mô động lực đã cải tiến rõ rệt sản phẩm mô phỏng.

Do BĐKH diễn biến ECE vùng nhiệt đới nói chung, khu vực VN-BĐ nói riêng ngày càng phức tạp. Sự xuất hiện của siêu bão Haiyan trên vĩ độ cận xích đạo của Thái Bình Dương cùng với sự tàn phá của nó trên lãnh thổ Philippines cũng như diễn biến của nó trên Biển Đông tháng 11 năm 2013 là một ví dụ điển hình. Diễn biến phức tạp này trước hết do tính hoạt động mạnh vốn có của khí quyển - đại dương vùng nhiệt đới - xích đạo, trong đó đối với EWE tính bất thủy tĩnh bộc lộ đặc biệt mạnh.

Tác động con người đối với BĐKH đến mức độ nào được thiết kế trong mô hình toàn cầu theo những kịch bản khác nhau. Đề tài BĐKH-01 không đi sâu vào vấn đề xây dựng kịch bản BĐKH toàn cầu mà chỉ sử dụng sản phẩm của mô hình mô phỏng BĐKH toàn cầu theo một kịch bản nhất định do Nhật bản (MRI, JMA) cung cấp. Đó là số liệu từ AGCM (Atmospheric General Circulation Model) sử dụng kịch bản RCP8.5, với độ phân giải ngang cỡ (60 x 60)km – số liệu Kakushin. *Kịch bản RCP8.5 (Representative Concentration Pathway 8.5) là một kịch bản ổn định ép buộc bức xạ suốt thế kỷ 21 là 8.5 W/m<sup>2</sup> sinh ra bởi phát thải toàn cầu ngắn và dài hạn của khí nhà kính, của các loài sinh vật sống ngắn, của độ phủ đất sử dụng và của mọi hoạt động kinh tế xã hội trên toàn cầu.*

Bằng phương pháp hạ quy mô động lực Đề tài sẽ chạy mô hình khí hậu khu vực bất thủy tĩnh cho độ phân giải cao ( 20 km và 5 km) với đầu vào là số liệu Kakushin để mô phỏng khí hậu khu vực VN-BĐ hiện tại và tương lai gần, nghĩa là để tạo ra kịch bản BĐKH khu vực từ kịch bản BĐKH toàn cầu bằng phương pháp hạ quy mô động lực. Về nguyên tắc mô hình khu vực sẽ mô phỏng tốt hơn khí hậu khu vực, nghĩa là phản ánh được tác động khu vực (như địa hình, mặt đệm, nhiễu động quy mô vừa và nhỏ ...) đến diễn biến của các yếu tố khí hậu và do đó sản phẩm mô phỏng của mô hình khu vực phải gần với thám sát hơn so với sản phẩm của mô hình toàn cầu. Tuy nhiên tốt hơn đến mức độ nào phụ thuộc vào chất lượng của từng mô hình khu vực. Mỗi mô hình khu vực đều có những điểm mạnh và điểm yếu riêng. Vì vậy việc chọn một mô hình khu vực thích hợp hơn cho khu vực được chọn là một trong những nhiệm vụ khoa học đặt ra của Đề tài này.

## **1.2 Giải pháp khoa học và công nghệ để xây dựng kịch bản về các hiện tượng khí hậu cực đoan (ECE) trên khu vực VN-BĐ**

Trong dự báo thời tiết ở VN đã có những tiến bộ nhất định trong nghiên cứu và ứng dụng mô hình số công nghệ cao (phương pháp khách quan), hòa

nhập được với các nước trong khu vực. Bài toán đặt ra cho đề tài này là nghiên cứu ứng dụng phương pháp khách quan cho nghiên cứu BĐKH nói chung và ECE nói riêng.

Như ta đã biết, các hiện tượng thời tiết, khí hậu cực đoan (EWE, ECE) vùng nhiệt đới chủ yếu là quy mô vừa - thể hiện qua những nhiễu động quy mô vừa, trong đó tính bất thủy tĩnh trong quá trình phát triển của chúng bộc lộ điển hình qua đối lưu sâu và càng đi xuống vĩ độ thấp gần xích đạo càng mạnh. Như vậy, để nắm bắt được chúng cơ chế bất thủy tĩnh của quá trình phải được thể hiện trong mô hình mô phỏng. ECE rất nhạy đối với cấu hình mô hình, phân tích trường gió và ẩm, quá trình ẩm, tham số hóa lớp biên... ECE biến đổi mạnh theo không gian và thời gian. Nói cách khác mô hình bất thủy tĩnh có thể tái sinh rõ được những hiện tượng này khi mô hình có cấu hình tương thích về độ phân giải cùng với phân tích các trường khí tượng đảm bảo chất lượng.

Để nâng cao chất lượng mô phỏng ECE và do đó dự tính tốt ECE cho xây dựng kịch bản bài toán đặt ra đối với chúng ta là tìm ra những giải pháp khoa học thích hợp để khắc phục dần những hạn chế, tồn tại và tận dụng những tiến bộ mới nhất của khoa học công nghệ trên thế giới. Để đạt mục đích này giải pháp khoa học công nghệ của đề tài BĐKH-01 là thực hiện 7 *nhiệm vụ khoa học* cụ thể sau đây:

1) Nghiên cứu sử dụng phương pháp hạ quy mô động lực (Dynamical downscaling)

2) Nghiên cứu ứng dụng một mô hình khí hậu khu vực bất thủy tĩnh (NHRCM được chọn) và một mô hình khí hậu khu vực thủy tĩnh đang được sử dụng trong nghiên cứu khí hậu ở VN (RegCM được chọn).

3) Chạy hai mô hình mô phỏng khí hậu NHRCM và RegCM phân giải 20km (ký hiệu NHRCM20 và RegCM20) với đầu vào là 23 năm số liệu tái

phân tích JRA-25 hiện tại (1985-2007) trên miền lớn như trên Hình 1.1 để chứng minh sự thích hợp hơn của NHRCM so với RegCM cho vùng VN-BĐ.

4) Chạy mô hình mô phỏng khí hậu NHRCM phân giải 5km (NHRCM05) với đầu vào là 11 năm (1985-1995) số liệu đầu ra của NHRCM20 (tức hạ quy mô lần 2) trên miền nhỏ như trên Hình 1.2 để chỉ ra sức mạnh của hạ quy mô trong tái sinh khí hậu-ECE.

5) Đánh giá kết quả mô phỏng khí hậu hiện tại của chúng bằng so sánh với tái phân tích và thám sát để kết luận về khả năng mô phỏng ECE của NHRCM trên khu vực nghiên cứu. Đánh giá được thực hiện đối với giá trị trung bình nhiều năm trên toàn lãnh thổ VN và trên từng khu vực khí hậu cho ba biến khí tượng cơ bản :

- a) Phân bố và cường độ của nhiệt độ không khí trên độ cao 2 m
- b) Phân bố và cường độ xoáy thuận nhiệt đới (TCs)
- c) Phân bố và cường độ đối với mưa lớn

6) Chạy mô hình được chọn NHRCM20 với đầu vào là kịch bản BĐKH RCP8.5 của Chương trình Kakushin 25 năm hiện tại (1979-2003) và 25 năm tương lai gần (2015-2039) cho miền lớn như trên Hình 1.1. *Phân tích kịch bản cho ECE phân giải thô.*

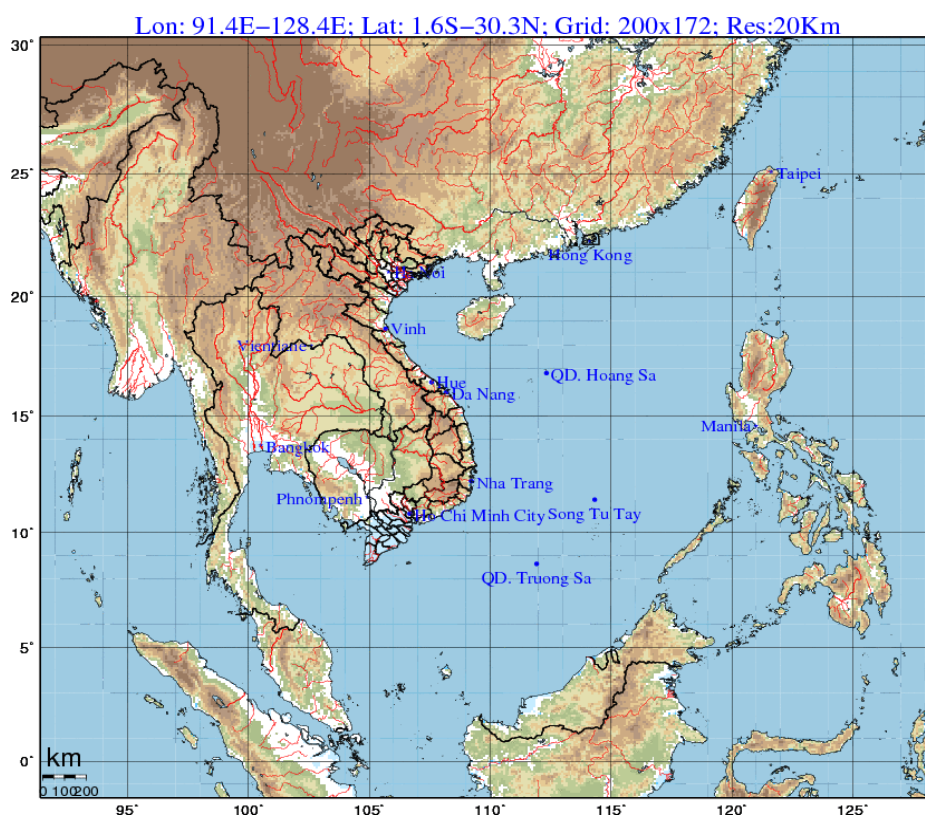
7) Chạy mô hình NHRCM05 với lần 2 hạ quy mô với đầu vào là đầu ra của NHRCM20 của kịch bản RCP8.5 cho 10 năm hiện tại (1979-1988) và 10 năm tương lai gần (2030-2039) và miền nhỏ như trên Hình 1.2. *Phân tích kịch bản ECE phân giải cao.*

*Đây là thử nghiệm nghiên cứu đầu tiên của chúng tôi theo hướng sử dụng mô hình khí hậu khu vực bất thủy tĩnh với phương pháp dynamical downscaling để cho kịch bản về ECE khu vực do BĐKH và cũng còn mới mẻ ở Việt Nam nên những kết quả nghiên cứu của Đề tài trước hết nhằm khẳng định hướng nghiên cứu này có thể thực thi trong điều kiện VN hiện nay và khả năng hòa nhập của chúng ta với khu vực và quốc tế trong nghiên cứu xây*

dựng kịch bản BĐKH bằng công nghệ tiên tiến của thế giới. Để phân tích kịch bản đầy đủ về ECE trên lãnh thổ VN do BĐKH trong tương lai gần (2015-2039) và đánh giá toàn diện về chúng cần có đầu tư cho nghiên cứu tiếp theo.

### 1.3 Nghiên cứu chọn miền tính và điều kiện biên xung quanh cho mô hình khí hậu khu vực bất thủy tĩnh

Đối với dự báo hay dự tính khí hậu việc chọn miền tính đặc biệt là vùng biên giới hạn miền tính cũng như xử lý tính toán trên vùng biên (điều kiện biên) có ý nghĩa đặc biệt quan trọng, bởi lẽ về nguyên tắc diễn biến nền của các quá trình quy mô vừa và nhỏ trong miền tính của mô hình khu vực sinh ra chủ yếu bởi những thay đổi của các quá trình quy mô lớn hơn của môi trường trên vùng biên (từ mô hình mẹ- mô hình toàn cầu chẳng hạn) để đảm bảo nguyên tắc cân bằng.

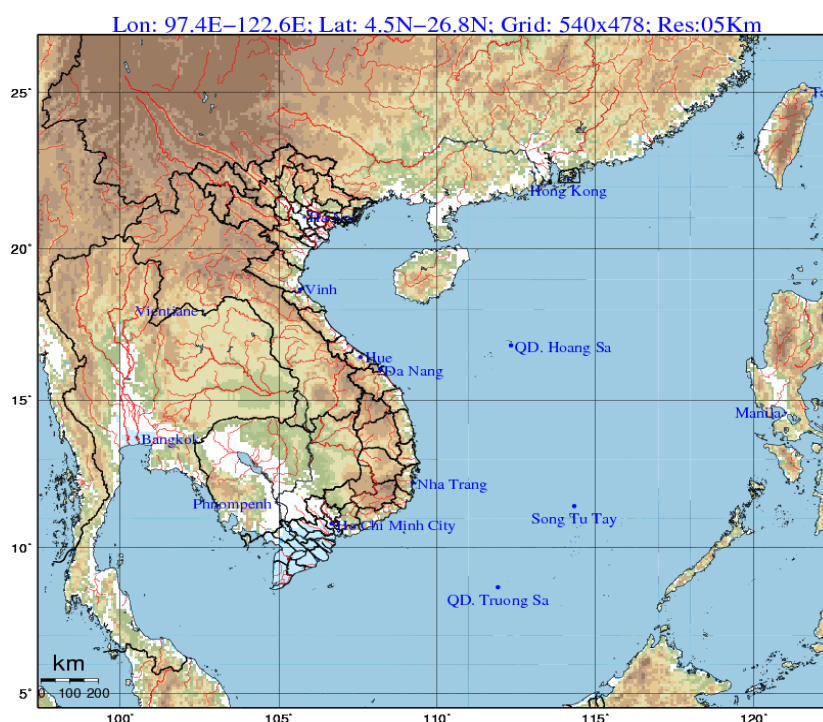


Hình 1.1 Miền tính lớn, độ phân giải ngang 20km với 40 mực thẳng đứng.

Bước thời gian tích phân 60 giây.

Đối với vùng nghiên cứu là VN-BĐ bài toán này càng trở nên khó hơn bởi lẽ vùng biên của nó quá không thuần nhất (phía nam gần với xích đạo, phía tây-tây bắc lại giới hạn bởi những dãy núi rất cao và phía đông lại toàn biển...) trong khi khả năng máy tính lại rất giới hạn không thể mở miền tính quá lớn. Cân đối những đặc điểm trên Đề tài BDKH-01 đã chọn ra hai miền tính tương ứng với ba nhiệm vụ khoa học 3), 4) và 6) và 7) nêu trên:

- 1) Miền lớn (Hình 1.1) giới hạn bởi (91,4E - 128,4E) x (1,6S - 30,3N) độ phân giải ngang 20 km và 40 mực thẳng đứng sẽ tương ứng với (201x181x40) điểm lưới. Bước thời gian tích phân 60 giây.



Hình 1.2 Miền tính nhỏ, độ phân giải ngang 5km với 50 mực thẳng đứng.

Bước thời gian tích phân 20 giây.

- 2) Miền nhỏ (Hình 1.2) giới hạn bởi (97,4E - 122,6E x 4,5N - 26,8N) với độ phân giải ngang 5km và 50 mực thẳng đứng tương ứng với (541 x 501 x 50) điểm lưới. Bước thời gian tích phân 20 giây.

## CHƯƠNG 2

# GIỚI THIỆU VỀ CÁC MÔ HÌNH (NHM, NHRCM, REGCM, WAVEWATCH) VÀ SỐ LIỆU (JRA-25, KAKUSHIN, APHRODITE), SỐ LIỆU QUAN TRẮC TRÊN LÃNH THỔ VN VÀ PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ SẢN PHẨM MÔ HÌNH KHÍ HẬU KHU VỰC

Trong Chương 2 chúng tôi sẽ giới thiệu tóm tắt về lý thuyết của các mô hình, nguồn gốc số liệu và phương pháp đánh giá sản phẩm mô hình.

### 2.1 Mô hình NHM và NHRCM

Mô hình phi thủy tĩnh của Nhật (NHM) là mô hình cộng đồng phát triển cho nghiệp vụ và nghiên cứu. Bản gốc là mô hình được phát triển ở Phòng nghiên cứu dự báo của Viện nghiên cứu khí tượng Nhật - MRI (Ikawa và Saito, 1991) [22]. Mô hình của Ikawa và Saito ban đầu được phát triển làm công cụ nghiên cứu và sau đó biến thành một mô hình lồng (Saito, 1994) [41] để mô phỏng thật hơn các hiện tượng quy mô vừa. Phương trình cơ bản đã được viết lại từ phương trình gốc thành một hệ phương trình nén đầy đủ bao gồm cả nhân tố bản đồ (Saito, 1997) [42], trong đó phép tuyến tính sử dụng cho khí quyển tham chiếu đã được loại bỏ. Sơ đồ sai phân ẩn theo cả phương ngang và phương thẳng đứng (HI-VI) đã được lựa chọn. Ngoài ra, thay đổi trong sơ đồ sai phân trung tâm của bình lưu và bức xạ khí quyển cũng được thực hiện trong mô hình (Kato 1995; Eito et al 1999) [26, 9],... Những thay đổi này mở rộng mô hình thành một mô hình qui mô vừa đầy đủ gọi là MRI-NHM (Saito và Kato, 1999) [45] được sử dụng cho nhiều nghiên cứu khác nhau tại MRI (Fujibe và cộng sự, 1999; Seko và cộng sự, 1999; Saito và cộng sự, 2001a,b) [12, 51, 46, 47].

### 2.1.1. Động lực học của mô hình NHM

Các phương trình cơ bản điều khiển mô hình NHM bao gồm các phương trình dạng thông lượng trong hệ tọa độ trực giao cong dạng cầu:

$$\frac{\partial}{\partial t} \left( \frac{\rho u}{m_2} \right) + \frac{m_1}{m_2} \frac{\partial p'}{\partial x} = -Adv_1 + R_1 \quad (2.1)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} \left( \frac{\rho v}{m_1} \right) + \frac{m_2}{m_1} \frac{\partial p'}{\partial y} = -Adv_2 + R_2 \quad (2.2)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} \left( \frac{\rho w}{m_3} \right) + \frac{1}{m_3} \frac{\partial p'}{\partial z} = -\frac{1}{m_3} \rho' g - Adv_3 + R_3 \quad (2.3)$$

Trong đó  $u$ ,  $v$ , và  $w$  biểu diễn các thành phần vận tốc; và  $p$ ,  $\rho$  và  $g$  biểu diễn áp suất, mật độ và hằng số trọng trường tương ứng. Các chỉ số 1, 2, 3 tương ứng với các thành phần  $x$ ,  $y$ ,  $z$ . Các biến có dấu phẩy biểu diễn độ lệch khỏi trạng thái thủy tĩnh. Các nhân tố bản đồ được ký hiệu  $m_1$  và  $m_2$  theo  $x$  và  $y$  tương ứng; trong khi đó  $m_3$  không phải là nhân tố bản đồ theo trục  $z$  nhưng là một biến chỉ định nghĩa của động lượng. Mô hình MRI-NPD/NHM giả thiết phép chiếu bảo giác (conformal projection);  $m_1 = m_2 = m_3 = m$  trong đó  $m_2$  và  $m_3$  được giới thiệu trong Yamazaki và Saito (2004) [62] để phù hợp với phép chiếu cách đều dạng hình trụ. Nếu lấy các nhân tố bản đồ  $m_1 = (1/a \cos \varphi)$ ,  $m_2 = (1/a)$ ,  $m_3 = 1$  và định nghĩa các thành phần gió ngang là  $u = a \cos \varphi (d\lambda/dt)$ ,  $v = a (d\varphi/dt)$  thì các phương trình từ (2.1) đến (2.3) được rút gọn thành các phương trình chuyển động trong hệ tọa độ cầu (Saito, 2001) [43]. Trong phiên bản nghiệp vụ của mô hình dự báo thời tiết số qui mô vừa tại JMA, phép chiếu bảo giác Lambert được sử dụng, và các nhân tố bản đồ được xác định bởi

$$m_1 = m_2 = m_3 = \left( \frac{\cos \varphi}{\cos \varphi_1} \right)^{c-1} \left( \frac{1 + \sin \varphi_1}{1 + \sin \varphi} \right)^c \quad (2.4)$$

Trong đó  $\varphi$  là vĩ độ của điểm xét và  $\varphi_1 = \pi/6$  và  $c$  được xác định bằng biểu thức



$$c = \ln\left(\frac{\cos \varphi_1}{\cos \varphi_2}\right) / \ln\left\{\frac{\tan\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi_1}{2}\right)}{\tan\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi_2}{2}\right)}\right\} \quad (2.5)$$

Khi  $\varphi_2 = \pi/3$ ,  $c$  bằng khoảng 0,72. Các số hạng ký hiệu Adv chỉ các số hạng bình lưu và  $R$  là các số hạng còn lại bao gồm số hạng độ cong, số hạng coriolis, số hạng khuếch tán.

Trong mô hình NHM, mật độ được xác định bởi tổng của khối lượng không khí ẩm và các thực thể nước trên một đơn vị thể tích, nghĩa là

$$\rho \equiv \rho_d + \rho_v + \rho_c + \rho_r + \rho_i + \rho_s + \rho_g = \rho_a + \rho_c + \rho_r + \rho_s + \rho_g \quad (2.6)$$

Trong đó các chỉ số  $c$ ,  $r$ ,  $i$ ,  $s$  và  $g$  biểu diễn hạt nước mây, mưa, băng mây, tuyết và mưa đá tương ứng.  $\rho_d$  là mật độ không khí khô; và  $\rho_v$  là mật độ của hơi nước. Phương trình liên tục sẽ có dạng

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + m_1 m_2 \left[ \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\rho u}{m_2} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{\rho v}{m_1} \right) \right] + \frac{\partial \rho w}{\partial z} = prc + \underline{\rho DIF \cdot q_v} \quad (2.7)$$

Ở đây đã bỏ qua số hạng phân kỳ do độ cong của trái đất ( $=2\rho w/a$ , trong đó  $a$  là bán kính trái đất). Ở vế phải của phương trình,  $prc$  là các dạng vật chất của nước mưa được xác định bởi

$$prc = \frac{\partial}{\partial z} (\rho_a q_r V_r + \rho_a q_s V_s + \rho_a q_g V_g) \quad (2.8)$$

Trong đó  $V$  là vận tốc tới hạn,  $q$  là tỷ số xáo trộn của các thực thể nước mưa. Wacker và Herbert (2003) [59] đã chỉ ra trừ phi trong trường hợp vận tốc đầy đủ được sử dụng thì thông lượng khuếch tán xuất hiện trong phương trình liên tục. Số hạng cuối cùng (gạch chân) ở vế phải của (2.7) là số hạng khuếch tán của hơi nước trong một đơn vị thời gian, trong đó bao gồm xáo trộn rối qui mô dưới lưới và khuếch tán tính toán. Số hạng này mới được Saito (2004) [44] đưa vào để xem xét sự bốc hơi tại bề mặt của hơi nước đối với sự bảo toàn khối lượng tổng cộng.

Phương trình nhiệt động lực được xác định bởi

$$\frac{d\theta}{dt} = \frac{\partial\theta}{\partial t} + Adv. \quad \theta = \frac{Q}{C_p\pi} + Dif.\theta \quad (2.9)$$

Trong đó  $\theta$  là nhiệt độ thế,  $C_p$  là nhiệt dung riêng của không khí khô ở áp suất không đổi, và  $\pi$  là hàm Exner.

Phương trình trạng thái được xem như là phương trình cảnh báo đối với mật độ có dạng sau

$$\rho = \frac{p_0}{R\theta_m} \left( \frac{p}{p_0} \right)^{C_v/C_p} \quad (2.10)$$

Trong đó  $\theta_m$  là nhiệt độ thế vị ảo-khối lượng (Saito, 1997) [42] được tính như sau

$$\theta_m = \theta(1 + 0,608q_v)(1 - q_c - q_r - q_i - q_s - q_g) \quad (2.11)$$

Một đặc điểm quan trọng của mô hình NHM là các phương trình cơ bản nêu trên được chuyển sang hệ tọa độ địa hình (Gal-Chen và Somerville, 1975) [13]. NHM dùng sơ đồ tích phân thời gian nửa ẩn.

### **2.1.2 Vật lý trong mô hình NHM**

NHM sử dụng sơ đồ vi vật lý mây dạng bulk của Ikawa và ccs (1991) [22], sơ đồ tham số hóa đối lưu-đối lưu sâu của Kain-Fritsch (1993) [23]. Đối với lớp biên hành tinh sử dụng sơ đồ 3 mực của Mellor-Yamada-Nakanishi-Niino (Nakanishi và Niino 2004) [37]. NHM sử dụng sơ đồ bức xạ trời trong (Yabu và ccs 2005) [61] và sơ đồ bức xạ mây (Kitagawa 2000) [29] và sơ đồ bề mặt đất của Hirai và Ohizumi (2004) [18] được cải tiến từ mô hình sinh quyển đơn giản. Nhiệt độ không khí ở độ cao 2 mét được cảnh báo từ nhiệt độ mặt đất và nhiệt độ của lớp khí quyển dưới cùng dựa vào lý thuyết tương tự của Monin-Obukhov.

Chi tiết hơn về vật lý mô hình cùng xử lý kỹ thuật số trong NHM xem Saito và công sự (2005) [48].

*Mô hình khí hậu khu vực bất thủy tĩnh NHRCM mà Đề tài sử dụng được xây dựng từ mô hình thời tiết NHM với giữ nguyên phần lõi động lực và vật lý, trong đó Lê Đức đã thay mô hình đất của NHM bằng SiB của MRI và thay điều kiện biên xung quanh của NHM bằng phương pháp được gọi là “spectral nudging”*

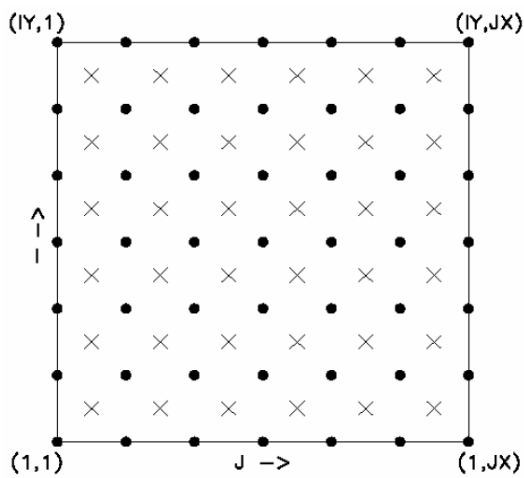
## **2.2 Mô hình khí hậu khu vực thủy tĩnh RegCM**

Mô hình khí hậu khu vực RegCM (Regional Climate Model) được phát triển tại ICTP (Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics). Về lịch sử, ý tưởng về sử dụng mô hình khu vực hạn chế trong các nghiên cứu về khí hậu khu vực được hình thành từ cuối thập kỷ 80 của thế kỷ trước (Dickinson và *ccs.*, 1989; Giorgi, 1991) [7, 14]. Ý tưởng này dựa trên khái niệm lồng một chiều (one-way nesting), trong đó các trường khí tượng quy mô lớn từ mô hình hoàn lưu chung (General Circulation Model) cung cấp đầu vào làm điều kiện ban đầu và điều kiện biên cho RCM có độ phân giải cao hơn. Dựa trên ý tưởng này, một nhóm tác giả đã bắt tay xây dựng mô hình khí hậu RegCM dựa trên mô hình thời tiết trước đó.

Các phương trình trong mô hình RegCM được xây dựng cho hệ tọa độ thẳng đứng thủy tĩnh theo địa hình, ký hiệu là  $\sigma$ , được định nghĩa bởi  $\sigma = (p - p_t) / (p_s - p_t)$  trong đó  $p$  là áp suất,  $p_t$  là áp suất tại đỉnh mô hình, được cho bằng hằng số và  $p_s$  là áp suất tại mặt đất.  $\sigma$  bằng 0 tại đỉnh và bằng 1 tại mặt đất, mỗi mực mô hình được xác định bởi một giá trị của  $\sigma$ .

Trong RegCM, lưới ngang có dạng xen kẽ -B Arakawa-Lamb đối với các biến vận tốc và các biến vô hướng (Hình 2.1). Các biến vô hướng ( $T, q, p, \dots$ ) được xác định tại trung tâm các ô lưới trong khi các thành phần tốc độ gió hướng đông ( $u$ ) và hướng bắc ( $v$ ) được xác định tại các nút. Điểm trung tâm ký hiệu là dấu nhân, điểm nút ký hiệu là dấu tròn. Tất cả các biến này

được xác định tại trung tâm của mỗi lớp thẳng đứng, gọi là các mực phân. Vận tốc thẳng đứng được thực hiện trên mực nguyên.



Hình 2.1 Lưới ngang xen kẽ dạng -B Arakawa-Lamb của mô hình RegCM3 (Elguindi vcs., 2003) [10]

Tùy theo mục đích mô phỏng hay dự báo mà điều kiện ban đầu và điều kiện biên của mô hình được cung cấp bởi trường điều khiển là số liệu tái phân tích hoặc trường dự báo của mô hình toàn cầu GCM. Đối với điều kiện biên, mô hình sẽ cập nhật phân tích (hay dự báo) sau từng khoảng thời gian tích phân nào đó, có thể là từng 6h hoặc 3h. Số liệu ban đầu của RegCM còn bao gồm số liệu mặt đệm như loại đất phủ và thực vật, độ cao địa hình, nhiệt độ mặt nước biển SST và các trường gió, nhiệt độ, độ ẩm trên các lưới kinh vĩ được nội suy về lưới của mô hình bằng phương pháp nội suy tối ưu.

Hệ phương trình cơ bản của RegCM bao gồm:

- Các phương trình động lượng ngang
- Các phương trình liên tục và sigma chấm
- Phương trình nhiệt động học và phương trình omega
- Phương trình thủy tĩnh
- Phương trình ẩm

Các quá trình vật lý cơ bản của RegCM3 bao gồm (1) trao đổi sinh quyển - khí quyển, (2) bức xạ, (3) chuyển động rối trong lớp biên hành tinh, (4) giáng thủy quy mô lớn, (5) đối lưu, (6) trao đổi thông lượng đại dương - khí quyển, (7) hồ - khí quyển và (8) vận chuyển các thành phần hóa học.

#### *a) Các quá trình bề mặt đất*

Tham số hóa các quá trình vật lý bề mặt đất được thực hiện bằng việc sử dụng sơ đồ trao đổi sinh–khí quyển BATS1E (Biosphere–Atmosphere Transfer Scheme) được mô tả cụ thể bởi Dickinson và ccs (1993) [8]. BATS được thiết kế để mô tả vai trò của thực vật và tác động của độ ẩm đất trong việc làm thay đổi sự trao đổi động lượng, năng lượng và hơi nước giữa bề mặt và khí quyển. Mô hình bao gồm lớp thực vật, lớp tuyết, lớp đất mặt, lớp rễ (hoặc một lớp đất dày 10cm), một lớp sâu hơn dày 1-2m và lớp đất sâu thứ ba dày 3m.

#### *b) Sự truyền bức xạ*

RegCM sử dụng sơ đồ bức xạ của NCAR CCM3 được mô tả bởi Kiehl và ccs (1996) [28] trong đó biểu diễn ảnh hưởng của  $O_3$ ,  $H_2O$ ,  $CO_2$  và  $O_2$  đến sự truyền bức xạ trong khí quyển theo xấp xỉ  $\delta$ -Eddington (Briegleb, 1992) [2]. Phổ bức xạ được chia thành 18 khoảng, biên đổi từ 0,2 tới  $5 \mu m$ . Thông lượng bức xạ mặt trời biến thiên theo mùa và thời gian trong ngày, phụ thuộc vào độ phủ mây, xon khí, sự tán xạ mặt đất theo  $H_2O$ ,  $O_3$ ,  $CO_2$ ,  $O_2$  và độ hấp thụ bề mặt.

#### *c) Lớp biên hành tinh*

Sơ đồ lớp biên hành tinh (PBL) được phát triển bởi Holtslag và ccs (1990) [20] dựa trên khái niệm khuếch tán phi địa phương có tính đến các dòng “ngược gradient” (countergradient fluxes) nhận được từ các xoáy quy mô lớn trong khí quyển bất ổn định xáo trộn mạnh.

#### *d) Tham số hóa đối lưu*

Trong mô hình RegCM phiên bản 4.2 có các tùy chọn sơ đồ tham số hóa để tính giáng thủy đối lưu: Sơ đồ Kuo sửa đổi; Sơ đồ MIT Emanuel; sơ đồ Betts Miller; sơ đồ Tiedtke; Sơ đồ Grell. Trong sơ đồ Grell có thể áp dụng với một trong hai giả thiết khép kín: khép kín Arakawa và Schubert và khép kín Fritsch và Chappell. *Đề tài sử dụng phiên bản RegCM 4.2 với sơ đồ tham*

số hóa đối lưu hỗn hợp là sơ đồ Grell trên đất liền và sơ đồ Emanuel trên biển.

*e) Giáng thủy qui mô lưới*

Sơ đồ ẩm hiện dưới lưới (Subgrid Explicit Moisture Scheme–SUBEX) được sử dụng để xử lý mây không đối lưu và giáng thủy được xác định qua các biến mô hình. Đây là một điểm mới của mô hình. SUBEX tính đến sự biến động qui mô dưới lưới trong các đám mây bằng cách liên kết độ ẩm tương đối trung bình ô lưới với độ phủ mây và nước trong mây theo công trình của (Sundqvist và ccs. 1989) [52].

*g) Các dòng từ đại dương*

Trong RegCM có hai tùy chọn cho sơ đồ tham số hoá thông lượng từ đại dương vào khí quyển, một được tính giống như trong sơ đồ mặt đất BATS1E của Dickinson và ccs (1993) [8], một là của Zeng và ccs (1998) [64] trong đó sử dụng thuật toán khí động học tổng quát.

*h) Mô hình hồ*

Mô hình hồ phát triển bởi (Hostetler và ccs. 1993) [21] có thể chạy lồng ghép tương tác với mô hình khí quyển. Trong mô hình hồ, các thông lượng nhiệt, ẩm và động lượng dựa trên đầu vào là số liệu khí tượng, nhiệt độ mặt hồ và albedo. Nhiệt được truyền theo phương thẳng đứng giữa các lớp mô hình hồ do xáo trộn rối và đối lưu. Băng và tuyết có thể bao phủ một phần hay toàn bộ mặt hồ.

*i) Mô hình hóa học*

Mô hình hóa học là một khái niệm mới được áp dụng trong các mô hình khí hậu. Bản chất của nó là giải các phương trình dự báo, cảnh báo các đại lượng không phải là các biến khí tượng truyền thống mà là các chất tồn tại trong khí quyển có khả năng bị vận chuyển và có tác động tới các quá trình vật lý xảy ra trong khí quyển. Đối với khí hậu, các chất như xon khí và các chất khí là những chất được quan tâm nhiều nhất.

### 2.3 Mô hình dự báo sóng WAVEWATCH

Mô hình dự báo sóng WAVEWATCH III được phát triển tại phòng Phân tích và mô hình hóa Đại dương, Trung tâm Mô hình hóa Môi trường thuộc Trung tâm Dự báo Môi trường Quốc gia Hoa Kỳ (Tolman, 1999) [56]. Mô hình này được phát triển dựa trên mô hình WAVEWATCH I và II do Đại học Công nghệ Delft và NASA phát triển. Đây là mô hình dự báo sóng thế hệ thứ ba với nhiều cải tiến và module tính toán hiện đại. Mô hình có mã nguồn mở, cung cấp miễn phí cho các nước sử dụng.

Như đã biết, sóng nói chung hay các thành phần của sóng tại vùng nước có độ sâu giới hạn và dòng trung bình khác không thường được mô tả bằng cách sử dụng các tham số pha và biên độ sóng. Các tham số pha bao gồm vector số sóng  $\mathbf{k}$ , số sóng  $k$ , hướng sóng  $\theta$  và tần số. Nếu ảnh hưởng của dòng trung bình được xem xét, có sự phân biệt rõ ràng giữa tần số liên hệ hay tần số nội tại  $\sigma$  ( $=2\pi f_r$ ) và tần số tuyệt đối  $\omega$  ( $=2\pi f_a$ ). Hướng sóng  $\theta$  được định nghĩa vuông góc với đỉnh sóng (hoặc thành phần phổ) và trùng với hướng của vector  $\mathbf{k}$ . Thông thường quy mô và độ biến đổi của độ sâu và dòng trung bình được giả thiết lớn hơn nhiều so với từng phần tử sóng riêng biệt. Đối với quy mô nhỏ, thuyết sóng tựa đều (tuyến tính) có thể được áp dụng cho ta mối quan hệ tiêu tán và tham số pha trong phương trình Doppler.

$$\sigma^2 = gk \tanh kd \quad (2.12)$$

$$\omega = \sigma + \mathbf{k} \cdot \mathbf{U} \quad (2.13)$$

Ở đây  $d$  là độ sâu trung bình mực nước,  $\mathbf{U}$  là vận tốc dòng trung bình (trung bình theo độ sâu và theo thời gian). Giả thiết sự biến đổi độ sâu và dòng trung bình là chậm, áp dụng trên quy mô lớn, bỏ qua nhiễu xạ sóng. Thông thường vector  $\mathbf{k}$  tần số  $\omega$  được định nghĩa từ hàm pha của một sóng hay sóng thành

phần cho thấy rằng số đỉnh sóng được bảo toàn (Phillips, 1977; Mei, 1983) [40, 35].

$$\frac{\partial k}{\partial t} + \nabla \omega = 0 \quad \# \quad (2.14)$$

Từ phương trình (2.12) đến (2.14) ta có thể tính được tỷ lệ thay đổi tham số pha (Christoffersen 1982; Mei, 1983; Tolman 1999) [4, 35, 56].

Đối với các sóng đơn sắc, biên độ sóng được mô tả bởi độ rộng, độ cao sóng hay năng lượng sóng. Đối với sóng gió bất quy tắc (không đều), sự dao động của bề mặt nước biển được xem xét bởi dao động mật độ phổ (trong các mô hình sóng thường được biểu diễn bởi năng lượng phổ). Dao động phổ  $F$  là một hàm của tất cả các tham số tự do  $F(\mathbf{k}, \sigma, \omega)$  hay bao gồm các tham số không gian và thời gian  $F(\mathbf{k}, \sigma, \omega, \mathbf{x}, t)$ . Tuy nhiên, giả thiết rằng các thành phần phổ riêng biệt thỏa mãn thuyết sóng tuyến tính, do đó các phương trình (2.12) và (2.13) tương quan giữa các biến  $\mathbf{k}, \sigma, \omega$ . Do đó, chỉ còn hai tham số tự do, phổ địa phương và phổ tức thời trở thành ma trận hai chiều. Trong phiên bản WAVEWATCH III, phổ cơ bản là hàm phổ của hướng sóng và số sóng  $F(k, \theta)$  bởi các đặc tính vật lý của hướng sóng và số sóng liên hệ với sự phát triển và suy yếu của dao động mực nước. Dữ liệu đầu ra của mô hình WAVEWATCH III còn bao gồm phổ tần số hướng sóng  $F(f_r, \theta)$ . Sai phân phổ có thể được tính toán thông qua khai triển Jacobian.

$$F(f_r, \theta) = \frac{\partial k}{\partial f_r} F(k, \theta) = \frac{2\pi}{c_g} F(k, \theta), \quad (2.15)$$

$$F(f_a, \theta) = \frac{\partial k}{\partial f_a} F(k, \theta) = \frac{2\pi}{c_g} \left( 1 + \frac{\mathbf{k} \cdot \mathbf{U}}{kc_g} \right)^{-1} F(k, \theta), \quad (2.16)$$

$$c_g = \frac{\partial \sigma}{\partial k} = n \frac{\sigma}{k}, \quad n = \frac{1}{2} + \frac{kd}{\sinh 2kd}, \quad (2.17)$$



Với  $c_g$  là vận tốc nhóm. Bất kỳ thành phần phổ một chiều nào cũng có thể được xác định nhờ tích phân theo các hướng tương ứng. Khi tích phân toàn phần cho ta tổng dao động  $E$  (trong các mô hình sóng thường biểu diễn năng lượng sóng).

Trong trường hợp dao động không xét tới dòng trung bình, dao động (năng lượng) của nhóm sóng được bảo toàn. Trong trường hợp dao động có dòng trung bình, dao động (năng lượng) của các phổ thành phần không được bảo toàn lâu dài, bởi do sự truyền động lượng trung bình của sóng (Longuet-Higgins và Steward, 1961, 1962) [32]. Theo xu hướng chung, dao động sóng  $A \equiv E/\sigma$  được bảo toàn (e.g, Whitham, 1965; Bretherthon và Garrett, 1968) [60, 3]. Điều đó dẫn tới mật độ phổ  $N(k, \theta) \equiv F(k, \theta)/\sigma$ . Phương trình truyền sóng trong WAVEWATCH III được xây dựng thông qua phương trình truyền sóng:

$$\frac{DN}{Dt} = \frac{S}{\sigma}, \quad (2.18)$$

Ở đây  $D/Dt$  là sai phân toàn phần,  $N(k, \theta; x, t)$  là mật độ phổ năng lượng sóng phụ thuộc vào số sóng  $k$ , hướng sóng  $\theta$  và không, thời gian thể hiện qua vector  $x$  và  $t$ ,  $\sigma$  là tần số góc,  $S$  là tổng hợp các số hạng nguồn sinh sóng hay tiêu tán sóng. Khi viết trong hệ tọa độ De Cartesian phương trình này có dạng

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \nabla_x \cdot \dot{x}N + \frac{\partial}{\partial k} \dot{k}N + \frac{\partial}{\partial \theta} \dot{\theta}N = \frac{S}{\sigma}, \quad (2.19)$$

trong đó

$$\dot{x} = c_g + \mathbf{U}, \quad (2.20)$$

$$\dot{k} = -\frac{\partial \sigma}{\partial d} \frac{\partial d}{\partial s} - \mathbf{k} \cdot \frac{\partial \mathbf{U}}{\partial s}, \quad (2.21)$$

$$\dot{\theta} = -\frac{1}{k} \left[ \frac{\partial \sigma}{\partial d} \frac{\partial d}{\partial m} - \mathbf{k} \cdot \frac{\partial \mathbf{U}}{\partial m} \right], \quad (2.22)$$

với  $\mathbf{c}_g$  là vector vận tốc nhóm sóng,  $\mathbf{U}$  là vector vận tốc dòng chảy,  $\mathbf{k}$  là vector sóng,  $d$  là độ sâu,  $s$  và  $m$  là hệ tọa độ địa phương với  $s$  song song với hướng sóng và  $m$  vuông góc với  $s$ .

Khi áp dụng cho bài toán trên quy mô lớn, phương trình (2.19) cần được chuyển sang hệ tọa độ kinh vĩ

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{1}{\cos \phi} \frac{\partial}{\partial \phi} \dot{\phi} N \cos \theta + \frac{\partial}{\partial \lambda} \dot{\lambda} N + \frac{\partial}{\partial k} \dot{k} N + \frac{\partial}{\partial \theta} \dot{\theta}_g N = \frac{S}{\sigma}, \quad (2.23)$$

với  $\lambda$  là kinh độ,  $\Phi$  là vĩ độ, trong đó

$$\dot{\phi} = \frac{c_g \cos \theta + U_\phi}{R}, \quad (2.24)$$

$$\dot{\lambda} = \frac{c_g \sin \theta + U_\lambda}{R \cos \phi}, \quad (2.25)$$

$$\dot{\theta}_g = \dot{\theta} - \frac{c_g \tan \phi \cos \theta}{R}, \quad (2.26)$$

Với  $R$  là bán kính trái đất,  $U_\lambda$  và  $U_\phi$  là hai thành phần vận tốc của dòng chảy.

Số hạng nguồn  $S$  bao gồm ba phần:  $S_{in}$  là số hạng tương tác sóng gió,  $S_{nl}$  là số hạng tương tác phi tuyến sóng sóng,  $S_{ds}$  là số hạng tiêu tán do bậc đầu sóng. Ngoài ra trong vùng nước nông người ta còn xét thêm số hạng tương tác sóng đáy  $S_{bot}$ . Tổng hợp lại ta có

$$S = S_{in} + S_{nl} + S_{ds} + S_{bot}. \quad (2.27)$$

$S_{in}$  và  $S_{ds}$  liên quan đến hai quá trình độc lập nhưng sẽ được xem xét chung do cân bằng giữa hai số hạng này quyết định quá trình tích phân của mô hình sóng. WAVEWATCH III cho phép tính hai số hạng này theo hai

phương pháp khác nhau từ mô hình WAM 3 hoặc theo Tolman và Chalikov (1996) [57].

Phương trình (2.19) và (2.23) sẽ được WAVEWATCH III giải trên máy tính bằng phương pháp tách gồm bốn quá trình: quá trình biến đổi của mực nước hay độ sâu, quá trình truyền sóng, quá trình nội phổ sóng và quá trình nguồn. Như thế WAVEWATCH III sử dụng bốn bước thời gian khác nhau:  $\Delta t_g$  cho bước thời gian chính khi toàn bộ lời giải được tiến thêm một bước,  $\Delta t_{p,m}$  cho quá trình truyền sóng ứng với số sóng  $k_m$ , bước thời gian cho quá trình nội phổ sóng có thể lấy bằng  $\Delta t_g$ , bước thời gian tích phân các số hạng nguồn.

Trong bước đầu tiên do phổ sóng bất biến với biến đổi theo thời gian của độ sâu trong khi biến đổi chỉ làm thay đổi lưới số sóng địa phương, quá trình tích phân trở thành quá trình nội suy phổ sóng từ bước trước sang bước sau.

Quá trình truyền sóng có thể mô tả bằng phương trình sau trong hệ tọa độ kinh vĩ

$$\frac{\partial \mathcal{N}}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial \phi} \dot{\phi} \mathcal{N} + \frac{\partial}{\partial \lambda} \dot{\lambda} \mathcal{N} = 0, \quad (2.28)$$

WAVEWATCH III sẽ sử dụng sơ đồ QUICKEST kết hợp với giới hạn ULTIMATE TVD để tích phân phương trình này. Thông lượng trong không gian  $\Phi$  giữa hai điểm lưới  $i$  và  $i-1$  có dạng

$$\mathcal{F}_{i,-} = \left[ \dot{\phi}_b \mathcal{N}_b \right]_{j,l,m}^n \quad (2.29)$$

$$\dot{\phi}_b = 0.5 \left( \dot{\phi}_{i-1} + \dot{\phi}_i \right) \quad (2.30)$$

$$\mathcal{N}_b = \frac{1}{2} \left[ (1+C)\mathcal{N}_{i-1} + (1-C)\mathcal{N}_i \right] - \left( \frac{1-C^2}{6} \right) \mathcal{CU} \Delta\phi^2, \quad (2.31)$$

$$\mathcal{CU} = \begin{cases} (\mathcal{N}_{i-2} - 2\mathcal{N}_{i-1} + \mathcal{N}_i) \Delta\phi^{-2} & \text{for } \dot{\phi}_b \geq 0 \\ (\mathcal{N}_{i-1} - 2\mathcal{N}_i + \mathcal{N}_{i+1}) \Delta\phi^{-2} & \text{for } \dot{\phi}_b < 0 \end{cases} \quad (2.32)$$

$$C = \frac{\dot{\phi}_b \Delta t}{\Delta\phi}, \quad (2.33)$$

Với  $j, l, m$  là các chỉ số lưới trong không gian  $\lambda, \theta$  và  $k, n$  là chỉ số bước thời gian,  $c$  là vận tốc truyền sóng tại biên giữa hai phần tử  $i$  và  $i-1$ ,  $C$  là số CFL.

Sơ đồ này ổn định khi  $|C| < 1$ . Mật độ phổ tại bước kế tiếp sẽ có dạng

$$\mathcal{N}_{i,j,l,m}^{n+1} = \mathcal{N}_{i,j,l,m}^n + \frac{\Delta t}{\Delta\phi} [\mathcal{F}_{i,-} - \mathcal{F}_{i,+}] \quad (2.34)$$

Sơ đồ trên được làm tinh hơn bằng cách xét đến tác động của các hòn đảo nhỏ tại biên giữa hai phần tử dù lưới kinh vĩ với độ phân giải lựa chọn không nắm bắt được các hòn đảo này.

$$\mathcal{N}_{i,j,l,m}^{n+1} = \mathcal{N}_{i,j,l,m}^n + \frac{\Delta t}{\Delta\phi} [\alpha_{i,-} \mathcal{F}_{i,-} - \alpha_{i,+} \mathcal{F}_{i,+}] \quad (2.35)$$

trong đó các hệ số  $\alpha_{i,-}$  và  $\alpha_{i,+}$  có giá trị từ 0 (biên đóng) tới 1 (biên mở) nghĩa là tùy theo độ mở của biên mà chỉ có một phần thông lượng đi qua.

Quá trình nội phổ sóng được mô tả bằng phương trình sau

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial k} \dot{k}_g N + \frac{\partial}{\partial \theta} \dot{\theta}_g N = 0, \quad (2.36)$$

$$\dot{k}_g = \frac{\partial \sigma}{\partial d} \frac{\mathbf{U} \cdot \nabla_x d}{c_g} - \mathbf{k} \cdot \frac{\partial \mathbf{U}}{\partial s}. \quad (2.37)$$

$$\dot{\theta} = -\frac{1}{k} \left[ \frac{\partial \sigma}{\partial d} \frac{\partial d}{\partial m} - \mathbf{k} \cdot \frac{\partial \mathbf{U}}{\partial m} \right] \quad (2.38)$$

Phương trình này cũng được giải theo sơ đồ ULTIMATE QUICKEST

$$N_{i,j,l,m}^{m+1} = N_{i,j,l,m}^m + \frac{\Delta t}{\Delta \theta} [\mathcal{F}_{l,-} - \mathcal{F}_{l,+}] + \frac{\Delta t}{\Delta k_m} [\mathcal{F}_{m,-} - \mathcal{F}_{m,+}] \quad (2.39)$$

Cuối cùng quá trình nguồn tương ứng với giải phương trình:

$$\frac{\partial N}{\partial t} = S. \quad (2.40)$$

WAVEWATCH III giống WAM sử dụng sơ đồ nửa ẩn cho phương trình này:

$$\Delta N(k, \theta) = \frac{S(k, \theta)}{1 - \epsilon D(k, \theta) \Delta t}, \quad (2.41)$$

Với D là đạo hàm của S theo N,  $\epsilon$  là hệ số điều chỉnh có giá trị từ 0.5 (sơ đồ bậc hai) đến 1 (sơ đồ bậc 1).

#### 2.4 Số liệu tái phân tích JRA-25

Dự án số liệu tái phân tích 25 năm của Nhật Bản (Japanese 25-year Reanalysis - JRA25) được hoàn thành vào tháng 3 năm 2006 dưới sự hợp tác của Cơ quan khí tượng Nhật Bản (Japan Meteorological Agency - JMA) và Viện nghiên cứu Năng lượng điện công nghiệp (Central Research Institute of Electric Power Industry - CRIEPI). JRA25 là số liệu tái phân tích khí quyển toàn cầu hạn dài tạo ra bằng việc sử dụng hệ thống đồng hóa số liệu của JMA và hệ thống dự báo chạy trên hệ thống siêu máy tính từ CIREPI. Chuỗi số liệu tái phân tích kéo dài từ năm 1979 đến 2004. Phiên bản mới nhất được cập nhật năm 2004 từ hệ thống đồng hóa số liệu của JMA, số liệu quan trắc được thu thập riêng biệt, tất cả được tích hợp tạo nên bộ số liệu tái phân tích chất lượng cao, phục vụ mục đích nghiên cứu khí hậu, theo dõi khí hậu và dự báo hạn mùa. Kể từ khi hoàn thành, hệ thống đồng hóa dữ liệu khí hậu JMA (JMA

Climate Data Assimilation System - JCDAS) đã hoạt động hết sức thành công với thời gian cập nhật số liệu gần với thực tế.

Dữ liệu quan trắc sử dụng trong JRA25 được cung cấp bởi trung tâm lưu trữ dữ liệu JMA và các tổ chức quốc tế như trung tâm dự báo thời tiết hạn vừa Châu Âu (ECMWF), Trung tâm dự báo môi trường quốc gia Mỹ (NCEP), trung tâm nghiên cứu khí quyển quốc gia (NCAR) và trung tâm dữ liệu khí hậu quốc gia (NCDC). Ngoài ra, dữ liệu quan trắc cũng được cung cấp từ các trường Đại học Nhật Bản. Thêm vào đó, các thám sát khí quyển như vector chuyển động khí quyển (AMV) từ gió của vệ tinh địa tĩnh, nhiệt độ phát xạ bề mặt từ TOVS và ATOVS, giáng thủy nước được thu thập từ bức xạ SSM/I được xấp xỉ theo phương pháp biến phân 3 chiều (3D-Var). JMA đã tạo ra dữ liệu hàng ngày cho nhiệt độ bề mặt (SST) và băng biển (được biết đến với tên COBE) và profiles 3 chiều Ozone cho JRA25. Phương pháp chỉnh lý số liệu (QC) cho dữ liệu TOVS đã được phát triển và ứng dụng có hiệu quả cao.

Số liệu JRA25 đã đạt được nhiều kết quả đáng khích lệ. Thứ nhất, xây dựng được trường mưa dự báo toàn cầu 6 tiếng một và mưa tích lũy, mô phỏng khá tốt cả theo dữ liệu từ vệ tinh phi thực tế khác bị mờ đi do hoạt động phun trào núi lửa. Thứ hai, JRA25 là dữ liệu tái phân tích đầu tiên đồng hóa được profiles gió xung quanh bão (áp thấp nhiệt đới) khôi phục lại từ dữ liệu best track bão trong lịch sử. Các cơn bão được phân tích hầu hết trên phạm vi toàn cầu. Thêm vào đó, mây tầng thấp ở vùng cận nhiệt đới dọc theo rìa phía tây lục địa được mô phỏng tốt và độ sâu lớp tuyết phủ cũng có chất lượng tốt. Dưới đây là một số thông tin cơ bản về số liệu JRA25

<b>Thông tin cơ bản</b>	<b>Đặc điểm</b>
Giai đoạn phân tích	1979-2004
Độ phân giải mô hình	T106L40 (mức trên khí quyển 0.4hPa)

Phương pháp đồng hóa số liệu	Biến phân 3 chiều (trực tiếp trong mô hình)
Phương pháp số	Sơ đồ Euler, hệ thống lưới Gaussian
Dữ liệu thám sát	TOAVs và ATOVs
Tái xử lý AMV	MTSAT-2 và GMS-3,4,5
SSM/I	Giáng thủy
CO2	Giả thiết không đổi (theo cả không gian và thời gian)
Dữ liệu quan trắc và kiểm định chất lượng	Kiểm định chất lượng riêng biệt cho TOVs và RAOB
Ozone	Profile 3 chiều

*Bảng 2.1 Một số biến phân tích từ JRA25*

<b>Tên biến</b>	<b>Mô tả</b>	<b>Đơn vị</b>	<b>Số mục thẳng đứng</b>
var2	Áp suất trung bình mực biển	Pa	1
var11	Nhiệt độ không khí mực 2m	K	1
var33	Gió vĩ hướng 10m	m/s	1
var34	Gió kinh hướng 10m	m/s	1
var18	Nhiệt độ điểm sương 2m	K	1
var51	Độ ẩm riêng 2m	kg/kg	1
var7	Độ cao địa thế vị	gpm	23
var11_2	Nhiệt độ	K	23
var33_2	Gió kinh hướng	m/s	23
var34_2	Gió vĩ hướng	m/s	23
var18_2	Nhiệt độ điểm sương	K	8
var76	Hàm lượng nước trong mây	kg/kg	12

<b>Tên biến</b>	<b>Mô tả</b>	<b>Đơn vị</b>	<b>Số mục thẳng đứng</b>
var51_2	Độ ẩm riêng	kg/kg	12

## **2.5 Bộ số liệu Kakushin**

Đây là sản phẩm của mô hình hoàn lưu chung khí quyển MRI-AGCM3.2H Nhật được MRI cung cấp cho Đề tài bao gồm:

HPA: Mô phỏng khí hậu hiện tại thời kỳ 1/1979-6/2004

HNA-RCP85: Dự tính tương lai gần thời kỳ 1/2015-6/2040 dựa theo kịch bản RCP8.5

Chương trình tăng cường cho dự tính biến đổi khí hậu trong thế kỷ 21 (Innovative Program of Climate Change Projection for 21th Century) – Kakushin được tiến hành trong 5 năm từ 2007 đến 2011, với mục đích nắm bắt được những biến đổi khí hậu trong tương lai sử dụng các mô hình khí hậu chạy trên hệ thống siêu máy tính ES (Earth Simulation). Các thành tựu của chương trình dùng để xây dựng Báo cáo đánh giá lần thứ 5 (Fifth Assessment Report-AR5) của Ban liên chính phủ về BĐKH (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC) được công bố vào năm 2013. Báo cáo đánh giá lần thứ 4 (AR4) của IPCC đã được đưa ra vào năm 2007. Với những vai trò đã đề cập, IPCC đã được trao giải thưởng Nobel hòa bình (Nobel Peace Prize) cùng với Al Gore - cựu phó tổng thống Mỹ. AR4 có một ý nghĩa to lớn trong đó có sự đóng góp quan trọng của các nhà nghiên cứu Nhật Bản.

Nhằm tạo sự liên kết chặt chẽ giữa các kết quả nghiên cứu với các nhà hoạch định chính sách, chương trình Kakushin đòi hỏi các nhóm nghiên cứu xây dựng những công cụ thiết yếu để nghiên cứu đánh giá tác động và ứng phó. Chương trình Kakushin còn đòi hỏi phải ước lượng và giảm thiểu độ không chắc chắn dự báo trong mỗi mô hình.

Kịch bản RCP8.5 là một kịch bản ổn định ép buộc bức xạ suốt thế kỷ 21 là  $8,5W/m^2$  sinh ra bởi phát thải toàn cầu ngắn và dài hạn của khí nhà kính,



của các loài sinh vật sống ngắn, của độ phủ đất sử dụng và của mọi hoạt động kinh tế xã hội trên toàn cầu.

Kịch bản ổn định dài hạn đến 2100 - RCP8.5 được đánh giá là kịch bản cường bức bức xạ mạnh nhất so với các kịch bản do IPCC đưa ra trong AR5 (RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 và RCP8.5) (Moss, 2008, 2010). Đề tài BĐKH.01 sử dụng số liệu Kakushin của Nhật-là sản phẩm của mô hình toàn cầu AGCM3.2H của Nhật dựa theo kịch bản RCP8.5 .

Bộ số liệu mà MRI, JMA đã cung cấp từ Chương trình Kakushin cho Đề tài gồm 25 năm số liệu mô phỏng khí hậu hiện tại (1/1979 đến 6/2004) và 25 năm dự tính khí hậu tương lai gần (1/2015 đến 6/2040) của AGCM3.2H dựa theo kịch bản RCP8.5, trên miền bao phủ từ -5N – 30N và 75E – 125E, với độ phân giải ngang (0.5 x 0.5) độ kinh vĩ tương đương 60 km, được lưu theo định dạng binary, cấu trúc theo cây thư mục theo ngày, tháng và năm ghi dữ liệu, thể hiện dạng *Cây thư mục lưu trữ số liệu Kakushin* như trên Hình 2.2 cho số liệu mô phỏng khí hậu hiện tại .

Mỗi files dữ liệu đầy đủ gồm một files điều khiển (Control file) ghi các thông tin mô tả chung về files số liệu. Control file ghi đường dẫn tới files số liệu, thông tin chung về loại số liệu, các giá trị mặc định tại các nút lưới không có giá trị, thông tin về lưới tính bao gồm điểm bắt đầu, điểm kết thúc và độ phân giải của lưới tính. Ngoài ra control file còn mô tả các mực thẳng đứng, quy mô thời gian và các biến được ghi trong files dữ liệu. Các biến này được mô tả chi tiết về ký hiệu biến, tên đầy đủ của biến, đơn vị đo của biến. Bảng 2.4 đưa ra Control file cho số liệu này. Miền tính số liệu bao phủ từ -5N – 30N và 75E – 125E, với độ phân giải ngang (0.5 x 0.5) độ kinh vĩ tương đương 60 km dự báo cho 7 biến (gió vĩ hướng  $u$ , gió kinh hướng  $v$ , nhiệt độ không khí  $T$ , độ ẩm riêng  $q$ , độ cao địa thế vị  $z$ , hàm lượng nước trong mây  $cwc$ , tốc độ thẳng đứng  $\omega$ ) cho trên 9 mực thẳng đứng (925mb, 850mb, 700 mb, 500 mb, 400 mb, 300 mb, 250 mb, 200 mb, 150 mb).

Name	Size	MTime
/. ..	UP--DIR	
/OUT_198401010000	43	Oct 20 2010
/OUT_198402010000	43	Oct 20 2010
/OUT_198403010000	43	Oct 20 2010
/OUT_198404010000	43	Oct 20 2010
/OUT_198405010000	43	Oct 20 2010
/OUT_198406010000	43	Oct 20 2010
/OUT_198407010000	43	Oct 20 2010
/OUT_198408010000	43	Oct 20 2010
/OUT_198409010000	43	Oct 20 2010
/OUT_198410010000	43	Oct 20 2010
/OUT_198411010000	43	Oct 20 2010
/OUT_198412010000	43	Oct 20 2010
/OUT_198501010000	43	Oct 20 2010
/OUT_198502010000	43	Oct 20 2010
/OUT_198503010000	43	Oct 20 2010
/OUT_198504010000	43	Oct 20 2010
/OUT_198505010000	43	Oct 20 2010
/OUT_198506010000	43	Oct 20 2010
/OUT_198507010000	43	Oct 20 2010
/OUT_198508010000	43	Oct 20 2010
/OUT_198509010000	43	Oct 20 2010
/OUT_198510010000	43	Oct 20 2010
/OUT_198511010000	43	Oct 20 2010
/OUT_198512010000	43	Oct 20 2010
/OUT_198601010000	43	Oct 20 2010
/OUT_198602010000	43	Oct 20 2010
/OUT_198603010000	43	Oct 20 2010
/OUT_198604010000	43	Oct 20 2010
/OUT_198605010000	43	Oct 20 2010
/OUT_198606010000	43	Oct 20 2010
/OUT_198607010000	43	Oct 20 2010
/OUT_198608010000	43	Oct 20 2010

Hình 2.2 Cây thư mục lưu trữ số liệu Kakushin

Bảng 2.2 Control file của số liệu Kakushin

```

DSET ^OUT_%y4%m2010000/atm_Vietnam_snp_6hr_1.25deg.dr
OPTIONS BIG_ENDIAN TEMPLATE
TITLE atm_snp_6hr_1.25deg SNP ( Snapshot data )
UNDEF -9.99E33
XDEF 41 LINEAR 75 1.25
YDEF 29 LINEAR -5 1.25
ZDEF 9 LEVELS
    925.000 850.000 700.000 500.000 400.000 300.000 250.000 200.000 150.00
TDEF 36524 LINEAR 00Z01JAN1979 6HR
VARS 7
U    9 99 ZONAL VELOCITY      M/S    1
V    9 99 MERIDIONAL VELOCITY M/S    1

```

T	9 99 TEMPERATURE	K	1
Q	9 99 SPECIFIC HUMIDITY	KG/KG	1
Z	9 99 GEOPOTENTIAL HEIGHT	M*M/S**2	1
CWC	9 99 Cloud Water Content	kg/kg	1
OMEGA	9 99 VERTICAL PRESSURE VELOCITY	PA/S	1
ENDVARS			

File ghi số liệu tập hợp của nhiều bản ghi, mỗi bản ghi là giá trị của một biến trên một mực tại một lát cắt thời gian. Các bản ghi này được sắp xếp một cách tuần tự, vì vậy để truy xuất dữ liệu từ định dạng này, bắt buộc phải đọc một cách tuần tự tất cả các bản ghi trước bản ghi muốn lấy dữ liệu. Giả sử muốn lấy giá trị của biến v (gió vĩ hướng) ta phải tiến hành đọc qua 9 bản ghi đầu tiên là giá trị của biến u, sau đó từ bản ghi thứ 10 đến bản ghi thứ 18 là các giá trị của biến v trên 9 mực thẳng đứng.

Hoàn toàn tương tự đối với bộ số liệu mô phỏng khí hậu tương lai gần (2015-2039) từ chương trình Kakushin, cũng được lưu theo định dạng Binary, cấu trúc cây thư mục theo ngày, tháng và năm ghi dữ liệu.

## 2.6 Số liệu tái phân tích APHRODITE

Aphrodite là dự án “Tích hợp đồng bộ dữ liệu mưa nghiệp vụ Châu Á hướng đến mục tiêu đánh giá tài nguyên nước” được hỗ trợ bởi cơ quan nghiên cứu môi trường và Quỹ Phát triển Công nghệ của Bộ Môi trường Nhật Bản [65]. Mục tiêu của dự án là xây dựng bộ số liệu mưa ngày trên lưới với quy mô dài hạn từ số liệu quan trắc cho khu vực Châu Á từ đó đánh giá các dự báo của các mô hình khí hậu đồng thời đưa ra các gợi ý cho các nhà quản lý tài nguyên nước địa phương tại các quốc gia châu Á mà dự án triển khai.

Dự án Aphrodite đã phát triển các bộ dữ liệu về lượng mưa hàng ngày với độ phân giải 0,25° và 0,5° kinh vĩ cho khu vực Châu Á trong giai đoạn 1951-2007 (APHRO\_MA/ME/RU\_V1003R1). Bộ số liệu chủ yếu được tạo ra từ nguồn số liệu thu thập được từ mạng lưới các trạm quan trắc bề mặt và các

máy đo mưa tự động. Bên cạnh đó, dự án cũng đang phát triển và đưa ra bộ số liệu mưa ngày với độ phân giải  $0,05^\circ$  cho Nhật Bản (APHRO\_JP\_V1003R1) giai đoạn 1901-2008.

Bên cạnh số liệu tổng lượng mưa ngày, dự án cũng tiến hành song song xây dựng bộ số liệu nhiệt độ trung bình ngày trên lưới cùng độ phân giải với số liệu lượng mưa. Bộ số liệu Aphrodite sử dụng trong nghiên cứu là phiên bản dành cho vùng gió mùa châu Á (APHRO\_MA\_V1003R1) bao phủ vùng  $60E-150E$  và  $-15N-55N$  chứa số liệu mưa ngày với độ phân giải  $0,25^\circ$  kinh vĩ trong thời kỳ 1986 -2007.

## **2.7 Số liệu quan trắc sử dụng để đánh giá sản phẩm mô hình và xử lý những hạn chế trong từng loại số liệu**

Kết quả mô phỏng khí hậu hiện tại cũng như kết quả hạ quy mô nhờ mô hình khí hậu khu vực bất thủy tĩnh NHRCM cho hiện tại và tương lai theo kịch bản RCP8.5 được đánh giá bằng so sánh với số liệu quan trắc. Số liệu quan trắc được sử dụng làm chuẩn so sánh khi đánh giá được dựa trên hai nguồn chính:

- Tập số liệu trên lưới APHRODITE cho nhiệt độ 2m và lượng mưa ngày với độ phân giải  $0,25^\circ$  trên bán đảo Đông Dương.

- Tập số liệu quan trắc về nhiệt độ 2m và lượng mưa ngày tại 58 trạm SYNOP trên lãnh thổ Việt Nam, trong đó trên khu vực BB có 21 trạm, BTB có 14 trạm, NTB có 16 trạm và NB có 7 trạm. Số năm lấy số liệu đúng bằng số năm chạy mô hình và cùng giai đoạn (Hình 2.7). Mặc dù từ năm 2000 trở lại đây số lượng trạm SYNOP tại Việt Nam đã được tăng cường với số lượng hiện tại xấp xỉ 200 trạm, riêng trạm đo mưa có thể lên tới 400 trạm. Tuy nhiên do số liệu quá khứ từ năm 1979 chỉ bao gồm 58 trạm trên, để đảm bảo độ đồng nhất khi đánh giá số liệu quan trắc những năm gần đây vẫn chỉ được giới hạn tại 58 trạm này.

Cần chú ý rằng số liệu APHRODITE được xây dựng thực chất dựa trên

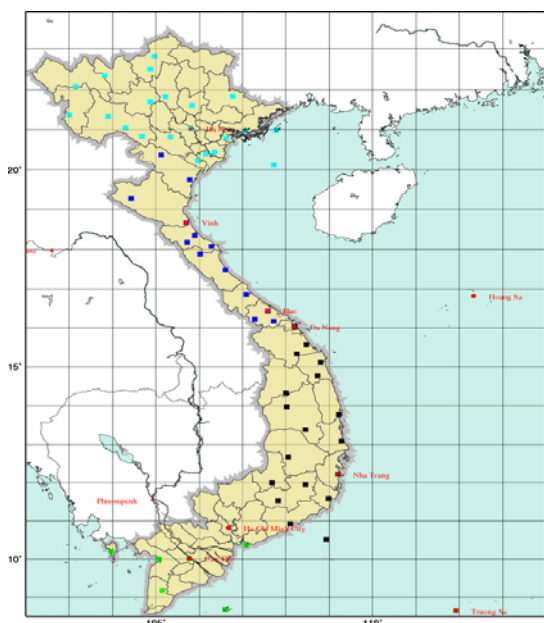
tập số liệu SYNOP đã nói ở trên được bổ sung thêm một số trạm SYNOP từ các nước xung quanh như Trung Quốc, Lào và Campuchia. Khi chuyển số liệu SYNOP lên lưới APHRODITE đã loại bỏ các thông tin quy mô nhỏ chứa trong số liệu SYNOP và chỉ giữ lại các thông tin tương ứng mà mật độ các trạm SYNOP sử dụng có thể giải được. Mặc dù sử dụng lưới phân tích  $0,25^{\circ}$  nhưng với mật độ trạm khá thưa trên khu vực Đông Dương (mật độ trung bình của 58 trạm SYNOP đã nói ở trên là 50km) có thể thấy rằng quy mô mà APHRODITE mô tả lớn hơn so với lưới mà APHRODITE sử dụng.

Như vậy, APHRODITE không thể cung cấp các thông tin quan trắc ở những độ phân giải cao mà mô hình NHRCM có thể mô phỏng như lần lượt là 20km và 05km. Đây chính là lý do mà ta sử dụng mô hình khu vực để đưa ra các kết quả mô phỏng với độ phân giải tinh hơn thay vì sử dụng các kết quả từ mô hình toàn cầu GCM. APHRODITE do đó sẽ thích hợp hơn khi đánh giá sản phẩm của các mô hình toàn cầu độ phân giải vào cỡ 50km. Bởi vậy các kết luận trong đánh giá sẽ chủ yếu dựa trên tập số liệu SYNOP đã nói trên.

APHRODITE sẽ được dùng chủ yếu cho mục đích đánh giá bức tranh mô phỏng tổng quát trên toàn khu vực Đông Dương với những khu vực mà ta không thể có số liệu SYNOP. Tuy nhiên cần thận trọng khi đưa ra nhận định mô phỏng tại các khu vực này bởi số liệu APHRODITE tại đây được nội suy từ các trạm SYNOP xung quanh các khu vực này. Để có một đánh giá công bằng độ phân giải của số liệu quan trắc phải phù hợp với độ phân giải của mô hình.

Như đã nói ở trên APHRODITE giải được các quá trình có quy mô lớn hơn so với mô phỏng của NHRCM. Do đó khi đánh giá dựa trên APHRODITE kết quả mô phỏng từ NHRCM sẽ được chuyển lên lưới của APHRODITE thông qua một bộ lọc thông thấp loại bỏ các quy mô mà APHRODITE không thể mô tả. Bộ lọc này được thực hiện đơn giản bằng cách lấy trung bình các điểm lưới của NHRCM rơi vào mỗi ô lưới của

APHRODITE. Tương tự, khi sử dụng số liệu SYNOP, cần thiết phải có một bộ lọc thông thấp khác loại bỏ các quá trình quy mô nhỏ trong số liệu SYNOP mà NHRCM không thể mô tả. Tuy nhiên với tập số liệu SYNOP khá thưa điều này không thể thực hiện. Do đó ta phải thừa nhận có sự chênh lệch về quy mô khi so sánh giữa số liệu NHRCM với số liệu SYNOP. Dù vậy so với số liệu APHRODITE, số liệu SYNOP lại bao hàm cả các quy mô mà NHRCM có thể mô tả. Quan trắc tại mỗi trạm SYNOP sẽ được so sánh với điểm lưới NHRCM gần nhất. Khi đánh giá nhiệt độ 2m độ chênh lệch giữa độ cao trạm với địa hình trong mô hình sẽ được hiệu chỉnh thông qua tỷ số  $0.065^{\circ}\text{K}/\text{m}$ .



Hình 2.3 Phân bố mạng lưới trạm quan trắc (Vùng BB - hình vuông xanh dương, BTB - hình vuông xanh lam, NTB - hình vuông đen, NB - hình vuông xanh lá cây)

## 2.8 Phương pháp đánh giá sản phẩm mô hình khí hậu khu vực

### 2.8.1 Phương pháp đánh giá các yếu tố khí hậu

Với các yếu tố có quy mô tháng, mùa và năm chỉ số ME sẽ được sử dụng khi đánh giá. Đây chính là các yếu tố mà mô hình khí hậu có khả năng dự báo (predictability) với thời gian nhiều năm. Về bản chất chỉ số ME cho

biết bias giữa mô phỏng của mô hình so với thực tế hay sai số tương ứng với moment bậc một giữa hai yếu tố. Đề tài không sử dụng RMSE khi đánh giá các yếu tố này do RMSE chứa cả ME và sai số tương ứng với moment bậc hai, nghĩa là RMSE trộn lẫn moment bậc một và bậc hai trong giá trị cuối cùng. Điều này được chứng minh đơn giản như sau, giả sử hai yếu tố cần đánh giá là  $x$  và  $y$ :

$$RMSE = \sqrt{MSE}$$

$$MSE = \overline{(y - x)^2} = \overline{(\bar{y} + \Delta y - \bar{x} - \Delta x)^2} = \overline{(\bar{y} - \bar{x} + \Delta y - \Delta x)^2} = \overline{(\bar{y} - \bar{x})^2 + (\Delta y - \Delta x)^2} = BIAS^2 + VAR(x) + VAR(y) - 2COV(x, y)$$

Công thức trên cho thấy RMSE chỉ cung cấp thông tin so sánh về các moment bậc hai của  $x$  và  $y$  khi không tồn tại bias. Với dự báo thời tiết bias thường nhỏ và có thể không ảnh hưởng lớn tới RMSE. Tuy nhiên bias trong mô phỏng khí hậu là khá lớn và RMSE không phải là một chỉ số đánh giá tốt.

ME sẽ được biểu diễn dưới dạng bản đồ phân bố cho khu vực Đông Dương, hoặc dưới dạng toán đồ tụ điểm, hay diễn biến theo thời gian trong năm tương tự như Sasaki và ccs (2011) [50]. Đối với lượng mưa do phân bố có dạng gamma cũng như biên độ có độ chênh lệch lớn, trên bản đồ chúng tôi sẽ hiển thị tỷ số giữa lượng mưa quan trắc và lượng mưa mô phỏng. Điều này tương đương với thay vì xác định ME thông thường cho lượng mưa ta sẽ xác định ME cho hàm loga của lượng mưa. Hiệu của hai hàm log tương ứng với tỷ số khi hiển thị trên bản đồ. Sasaki và ccs (2008) [49] cũng thể hiện tỷ số này trong nghiên cứu với NHRCM.

Do Đề tài chỉ chạy được NHRCM nhiều nhất cho 25 năm, chuỗi số liệu thu được tại mỗi trạm là không đủ dài để có được một đánh giá có ý nghĩa về mặt thống kê. Hơn nữa như đã phân tích ở trên do có sự bất đồng về quy mô giữa số liệu SYNOP tại trạm với số liệu mô phỏng của NHRCM, đánh giá chỉ tại một trạm thường không phản ánh đúng kỹ năng của mô hình. Để giảm thiểu tác động của các quy mô nhỏ trong số liệu SYNOP mà mô hình không

thể giải được, đánh giá sẽ được thực hiện trung bình trên một tập hợp trạm trên một khu vực cho trước. Nếu xem xét mỗi dự báo hay quan trắc như một vector trên không gian metric, phương pháp đánh giá ở đây tương tự với thay vì so sánh mỗi vector tại từng điểm, ta sẽ so sánh vector trên một miền. Ngoài lãnh thổ Việt Nam mặc định là một vùng đánh giá Đê tài đã lựa chọn thêm các khu vực tương ứng với Bắc Bộ, Bắc Trung Bộ, Nam Trung Bộ và Nam Bộ.

### **2.8.2 Phương pháp đánh giá các yếu tố trên quy mô ngày**

Mô hình khí hậu không thể mô tả chính xác diễn biến của các yếu tố khí hậu trên quy mô ngày. Do đó đánh giá các yếu tố này cần được thực hiện trên hàm phân bố của các yếu tố này thay vì chỉ đơn giản với moment bậc một ME như đối với các yếu tố trên quy mô tháng hoặc mùa. Tất nhiên nếu hàm phân bố có dạng Gauss, hai moment bậc một và bậc hai là đủ mô tả hàm phân bố này. Thông thường nhiệt độ 2m có phân bố chuẩn tuy nhiên lượng mưa không tuân theo phân bố chuẩn mà thường có phân bố gamma. Đuôi của các hàm phân bố sẽ cung cấp các thông tin liên quan đến các nhân tố ECE như nắng nóng, không khí lạnh, hay mưa lớn.

Hàm phân bố cho mỗi yếu tố sẽ được xác định dưới dạng histogram. Độ dài bin của histogram cho nhiệt độ 2m trung bình ngày được lấy bằng  $1^{\circ}$  trong khi độ dài bin của histogram cho lượng mưa ngày được lấy bằng 5 mm. Do quan tâm chủ yếu đến yếu tố mưa lớn histogram cho lượng mưa sẽ được hiển thị trên thang loga để có thể hiển thị rõ tần suất xuất hiện của mưa lớn khi mô phỏng trong so sánh với quan trắc (Kanada và ccs, 2008; 2010) [24, 25]. Điều này cũng một phần do lượng mưa có phân bố gamma dẫn đến đuôi phân bố kéo dài sang phía phải. Các yếu tố nắng nóng hay không khí lạnh có thể quan sát dễ dàng hơn trên histogram của nhiệt độ 2m do phân bố chuẩn của yếu tố này, do đó không cần thiết phải hiển thị histogram trên thang loga.

### **2.8.3 Đánh giá mô phỏng bão**

Số liệu quan trắc quỹ đạo bão cũng như cường độ bão được lấy từ số



liệu Best track của JMA. Quỹ đạo bão mô phỏng bởi NHRCM được xác định dựa theo các tiêu chuẩn trong Oouchi và ccs (2006) [38]. Theo đó tâm bão cần thỏa mãn các tiêu chuẩn sau:

- Áp suất mực biển tại tâm bão cần nhỏ hơn 2 hPa so với trung bình của các tất cả các điểm trong bán kính 500km xung quanh.

- Cực đại xoáy tương đối tại mực 850 hPa cần lớn hơn  $3.5 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ .

- Tốc độ gió cực đại tại mực 850 hPa cần lớn hơn 15 m/s.

- Tâm nóng trên cao thể hiện thông qua tích phân độ chênh lệch nhiệt độ so với các điểm xung quanh từ mực 850hPa đến mực 300 hPa phải lớn hơn 2 K.

- Thời gian tồn tại ít nhất là 36 giờ.

Trên đây là các tiêu chuẩn sử dụng cho độ phân giải 20km. Độ phân giải 5km mô phỏng bão tốt hơn do đó các tiêu chuẩn này vẫn được áp dụng trong trường hợp 5km. Hiển nhiên với bộ chỉ số này số lượng các cơn bão yếu được độ phân giải 5km nắm bắt sẽ tăng hơn so với độ phân giải 20km. Tuy nhiên với miền tích phân nhỏ hơn cũng như giới hạn thời gian tồn tại 36 giờ, điều này không quá ảnh hưởng đến các kết quả đánh giá. Ngoài ra mục tiêu của đề tài tập trung vào các cơn bão với cường độ mạnh do đó không cần thiết điều chỉnh các tiêu chuẩn này trong trường hợp 5km.

Trước khi xác định quỹ đạo bão, điểm hình thành xoáy thuận cần được xác định. Các điểm có khả năng hình thành xoáy thuận được xác định dựa theo hai tiêu chuẩn 1 và 4 ở trên. Khi tâm xoáy thuận ban đầu đã được xác định, các điểm kế tiếp sẽ được phán đoán dựa trên quán tính của bão từ hai điểm ngay trước đó. Điểm phán đoán sau đó sẽ được tinh chỉnh tọa độ dựa trên các tiêu chuẩn nói trên với sử dụng phương pháp downhill trong xác định cực trị của hàm hai chiều. Mỗi điểm của quỹ đạo bão được xác định cách nhau 6 giờ. Cường độ tương ứng tại mỗi điểm trên quỹ đạo được biểu diễn thông qua giá trị khí áp mực biển cực tiểu và tốc độ gió 10m cực đại. Hai giá

trị này cũng được xác định dựa theo phương pháp downhill như trên.

Tương tự như nhiệt độ 2m và lượng mưa, cường độ bão mô phỏng sẽ được đánh giá thông qua hàm phân bố. Thông thường phân bố của cường độ cũng có dạng gamma và đuôi của phân bố mô tả tần suất xuất hiện của các cơn bão mạnh. Đây là thông tin ECE mà đề tài quan tâm. Riêng với yếu tố quỹ đạo do được cho dưới dạng đường cong trên một mặt cầu phân bố của các yếu tố này là phân bố đa chiều. Do đó đánh giá quỹ đạo tương tự như các yếu tố quy mô tháng và mùa sẽ chỉ được thực hiện trên moment bậc một. Tại mỗi điểm trên khu vực Biển Đông và Việt Nam, tần suất trung bình có một cơn bão đi qua điểm này trong vòng bán kính 50km sẽ được xác định từ tập hợp tất cả các quỹ đạo. Hiện thị tần suất này trên bản đồ sẽ cho ta phân bố trung bình của quỹ đạo bão trong tháng, mùa hay năm. So sánh trực tiếp hai bản đồ một cho mô phỏng, một cho quan trắc sẽ cho phép đánh giá một cách trực quan khả năng mô phỏng của NHRCM.

### CHƯƠNG 3

## NGHIÊN CỨU LỰA CHỌN MÔ HÌNH KHÍ HẬU KHU VỰC THÍCH HỢP CHO TÁI SINH KHÍ HẬU KHU VỰC VN-BĐ

### 3.1 Mục đích và nội dung của việc lựa chọn mô hình khí hậu khu vực

Mục tiêu khoa học của Đề tài BĐKH-01 là dự tính các hiện tượng khí hậu cực đoan (EWE hay ECE) và đưa ra những kịch bản tương ứng trong tương lai gần nói riêng và nghiên cứu biến đổi khí hậu nói chung cho khu vực VN-BĐ bằng một mô hình khí hậu khu vực bất thủy tĩnh. Mô hình dự kiến được chọn là mô hình khí hậu khu vực bất thủy tĩnh NHRCM của MRI, JMA, Nhật Bản với sử dụng phương pháp hạ quy mô động lực (dynamical downscaling).

Cho mục đích khoa học này trước hết bằng phương pháp hạ quy mô động lực chúng tôi phải chứng minh được rằng đối với khu vực nghiên cứu mô hình NHRCM được chọn có khả năng mô phỏng (tái sinh) được những hiện tượng khí hậu cực đoan trên khu vực VN-BĐ, mà điển hình đối với khu vực này là các trung tâm mưa lớn và xoáy thuận nhiệt đới (TC), và tái sinh tốt hơn so với mô hình khí hậu khu vực thủy tĩnh RegCM.

Để kết quả đánh giá đảm bảo tin cậy các mô hình cần chạy với một số năm tương đối dài (trên 20 năm), Đề tài đã thực hiện hai thử nghiệm sau đây:

- Thử nghiệm T1: Bằng phương pháp dynamical downscaling chạy hai mô hình khí hậu khu vực thủy tĩnh RegCM và bất thủy tĩnh NHRCM với số liệu đầu vào là tái phân tích JRA-25 của Nhật (xem Chương 2) với độ phân giải thô (20km và 40 mực), ký hiệu tương ứng là NHRCM20 và RegCM20 cho 23 năm (1985-2007) trên miền lớn tương ứng với Hình 1.1 ở Chương 1. Các mô hình này và số liệu tái phân tích đã được giới thiệu trong Chương 2. So sánh kết quả mô phỏng nhiệt độ không khí trên độ cao 2 mét (T2m), mưa,

xoáy thuận nhiệt đới (TC), đánh giá và kết luận ưu và nhược điểm của từng mô hình cho từng vùng trên khu vực nghiên cứu và kết luận.

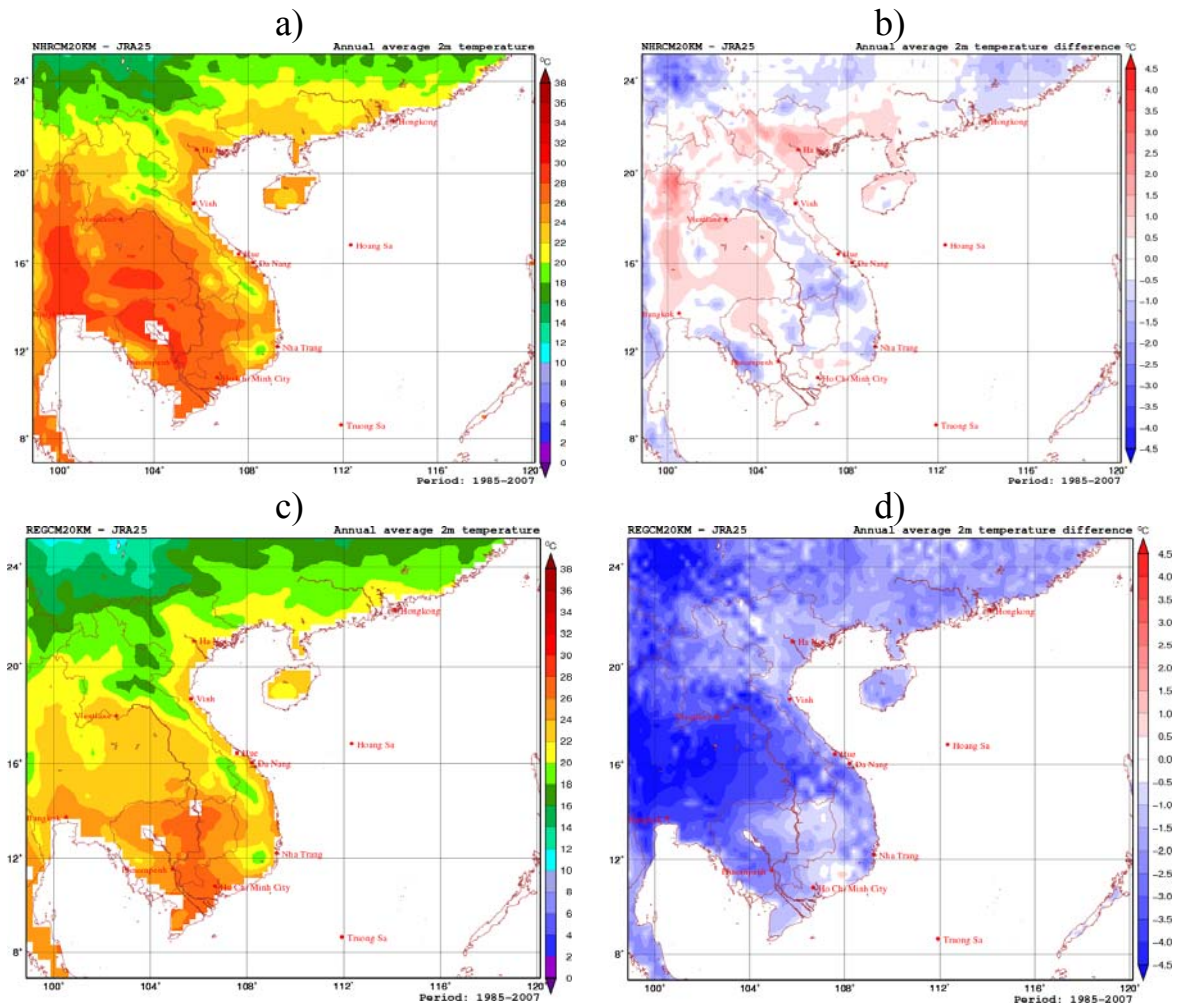
- Thử nghiệm T2: Tiếp tục phương pháp dynamical downscaling để chạy mô hình khí hậu khu vực bất thủy tĩnh với độ phân giải cao hơn (5km và 50 mực), ký hiệu NHRCM05 và số liệu đầu vào là kết quả mô phỏng của NHRCM20 cho miền nhỏ tương ứng với Hình 1.2 ở Chương 1 nhưng chỉ cho 11 năm (1985-1995) (vì với độ phân giải cao của T2 và miền tính trên Hình 1.2 khối lượng tính toán sẽ vô cùng lớn nên không thể tính dài hơn). So sánh kết quả mô phỏng của T2 cho nhiệt độ (T2m), lượng mưa, vị trí vùng mưa và TC với tái phân tích và với thám sát. Đánh giá và kết luận ưu và nhược điểm của mô hình cho từng vùng trên khu vực nghiên cứu và kết luận về tính ưu việt của việc nâng cao độ phân giải cho từng mô hình.

### **3.2 Phân tích kết quả mô phỏng khí hậu hiện tại (1985-2007) với hai mô hình phân giải thô: RegCM20 và NHRCM20 - Thử nghiệm T1.**

Kết quả mô phỏng nhận được của hai mô hình NHRCM20 và RegCM20 được so sánh với nhau và với thám sát để chọn mô hình thích hợp hơn cho ứng dụng vào dự tính (Projection) khí hậu tương lai. Việc đánh giá được thực hiện đối với nhiệt độ trên độ cao 2 mét (T2m), đối với hoạt động của xoáy thuận nhiệt đới (TC) và đối với phân bố và cường độ mưa trên khu vực nghiên cứu và lần lượt được giới thiệu sau đây.

#### **3.2.1 Phân tích kết quả mô phỏng nhiệt độ không khí mực 2 mét (T2m)**

Trên Hình 3.1 bên trái là trường trung bình 23 năm của nhiệt độ không khí ở mực 2 mét - T2m mô phỏng được bởi NHRCM20 (3.1a) và bởi RegCM20 (3.1c) thời đoạn (1985-2007). Hai hình (3.1b và 3.1d) phía phải là hiệu số giữa T2m mô phỏng được từ hai mô hình và tái phân tích APHRODITE tương ứng.

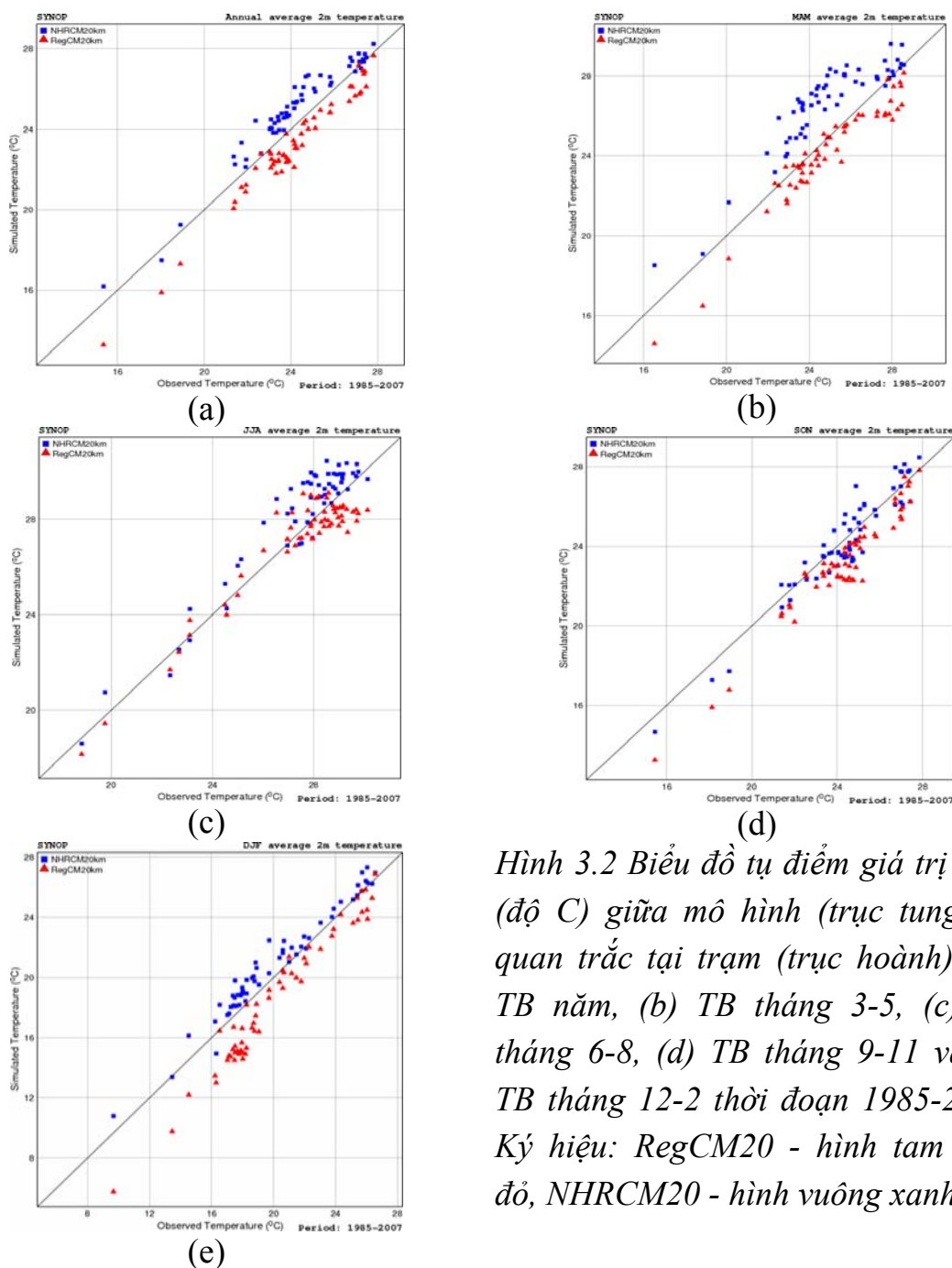


Hình 3.1 Phân bố  $T_{2m}$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) trung bình năm mô phỏng bởi: (a) NHRCM20, (c) RegCM20. Hiệu số  $T_{2m}$  trung bình năm giữa NHRCM20 (b), RegCM20 (d) và tái phân tích APHRODITE (1985-2007).

Phân bố hiệu số nhiệt độ  $T_{2m}$  trên Hình 3.1 cho thấy  $T_{2m}$  của NHRCM20 (Hình 3.1b) khá gần với tái phân tích với hiệu số dao động trong khoảng (+2 đến -2) độ C, trong khi  $T_{2m}$  mô phỏng bởi RegCM20 quá thiên thấp với nhiều vùng đạt đến  $\sim 4$  độ C (Hình 3.1d).

Hình 3.2 biểu diễn toán đồ tự điểm giữa giá trị  $T_{2m}$  (độ C) mô phỏng được bởi RegCM20 và bởi NHRCM20 với giá trị quan trắc của  $T_{2m}$  tại trạm: Từ Hình 3.2a ta thấy trên trung bình năm  $T_{2m}$  mô phỏng bởi NHRCM20 phổ biến là thiên cao trong khi RegCM20 mô phỏng  $T_{2m}$  phổ biến là thiên thấp. Vào các tháng mùa xuân (3-5) và hè (6-8) trên Hình 3.2b và 3.2c, mô hình

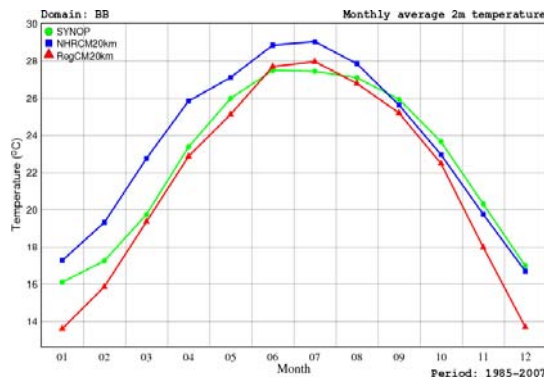
RegCM20 cho mô phỏng T2m tốt hơn, trong khi vào các tháng mùa thu (9-11) và đông (12-2) (Hình 3.2d và 3.2e) thì mô hình NHRCM20 lại cho mô phỏng T2m tốt hơn. Với ngưỡng nhiệt độ dưới 20 độ C mô phỏng của RegCM thấp hơn hẳn so với quan trắc đối với cả hai mùa.



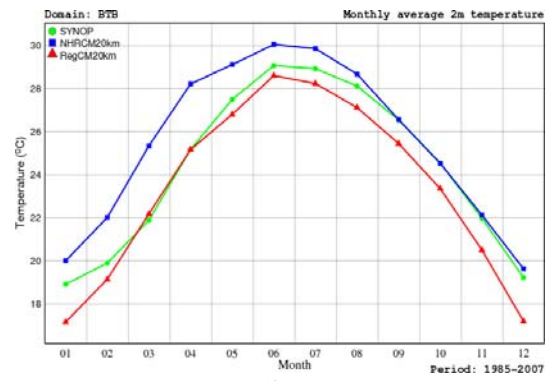
Hình 3.2 Biểu đồ tụ điểm giá trị T2m (độ C) giữa mô hình (trục tung) và quan trắc tại trạm (trục hoành): (a) TB năm, (b) TB tháng 3-5, (c) TB tháng 6-8, (d) TB tháng 9-11 và (e) TB tháng 12-2 thời đoạn 1985-2007. Ký hiệu: RegCM20 - hình tam giác đỏ, NHRCM20 - hình vuông xanh.

Hình 3.3 biểu diễn diễn biến T2m trung bình tháng trên các khu vực khác nhau của Việt Nam. Từ Hình 3.3 ta thấy, trên trung bình trên toàn VN

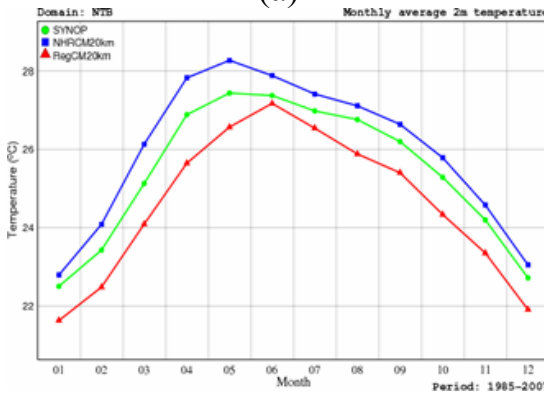
(3.3e) từ tháng 1 đến tháng 8, T2m của NHRCM20 luôn cao hơn so với quan trắc trong đó hai tháng 3, 4 có chênh lệch lớn khoảng  $2^{\circ}\text{C}$ . Từ tháng 9 đến 12, giá trị T2m trung bình tháng của NHRCM20 gần như trùng khớp với quan trắc. Mô phỏng bởi RegCM20 cho thấy sự thiên thấp ổn định của T2m trung bình tháng so với quan trắc, trong đó tháng có nhiệt độ thiên thấp lớn nhất là tháng 12 và tháng 1.



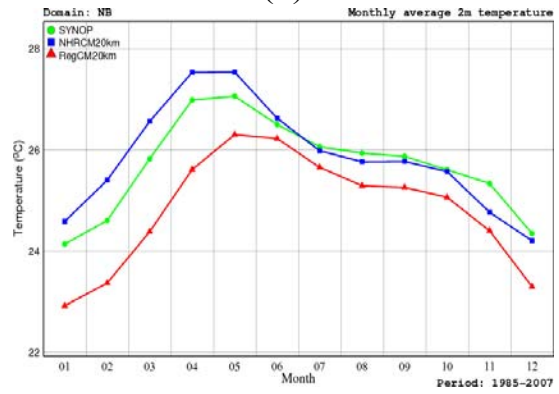
(a)



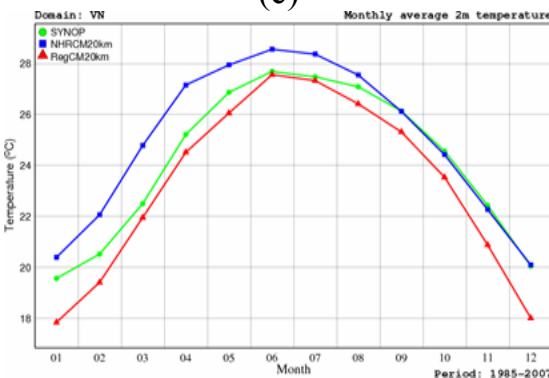
(b)



(c)



(d)



(e)

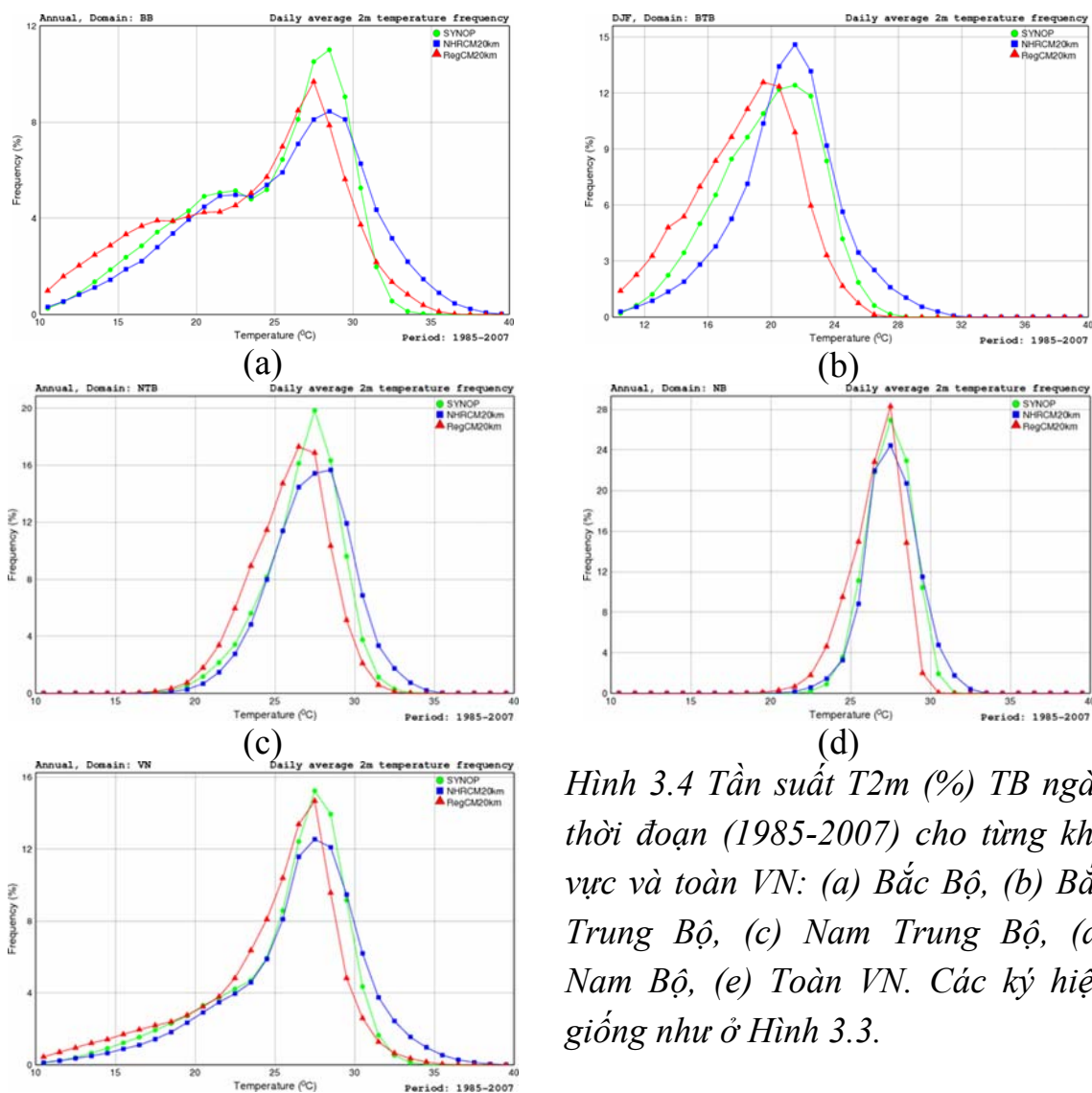
Hình 3.3 T2m (độ C) trung bình tháng (trục tung) thời đoạn 1985-2007 cho từng khu vực: (a) Bắc Bộ; (b) Bắc Trung Bộ; (c) Nam Trung Bộ; (d) Nam Bộ và (e) toàn Việt Nam. Ký hiệu: Thám sát synop - chấm tròn xanh lục, NHRCM20 - hình vuông xanh lam, RegCM20 - hình tam giác đỏ

Xét riêng cho vùng BB và BTB (Hình 3.3a và 3.3b) ta thấy mô phỏng của RegCM20 cũng có xu thế thiên thấp trong khi NHRCM20 có xu thế thiên



cao. Trong các tháng từ 2 đến 7, sự khác biệt về nhiệt độ mô phỏng của RegCM20 so với quan trắc nhỏ hơn so với của NHRCM20. Đối với khu vực NTB (Hình 3.4c) NHRCM20 cho T2m TB thiên cao nhẹ còn RegCM20 cho mô phỏng T2m TB thiên thấp mạnh hơn. Riêng trên khu vực NB mô phỏng T2m TB của NHRCM20 thiên cao nhẹ vào đầu năm (tháng 1-5) và gần trùng với quan trắc từ tháng 6 đến 12.

Tóm lại, theo T2m trung bình tháng, RegCM20 cho mô phỏng tốt hơn ở phía bắc (BB và BTB) và NHRCM20 cho mô phỏng tốt hơn ở phía nam (NTB và NB). Trên TB năm cho toàn VN thì RegCM20 mô phỏng T2m tốt hơn vào mùa hè, còn NHRCM20 mô phỏng T2m tốt hơn vào mùa đông.

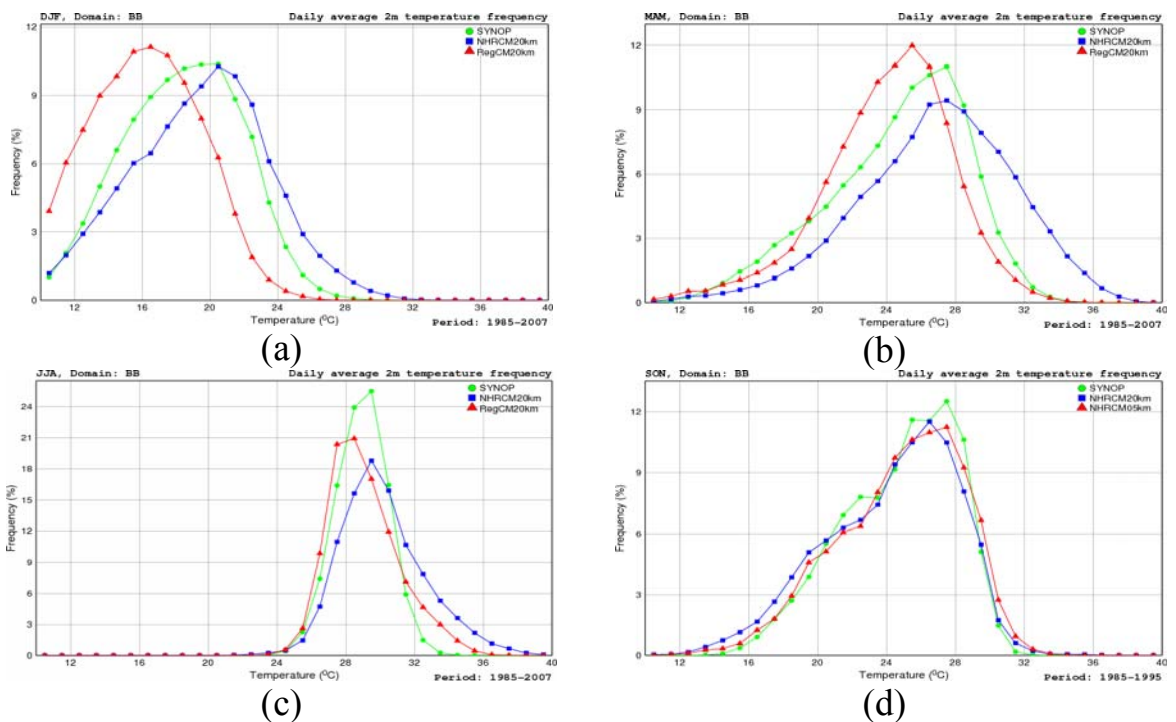


Hình 3.4 Tần suất T2m (%) TB ngày thời đoạn (1985-2007) cho từng khu vực và toàn VN: (a) Bắc Bộ, (b) Bắc Trung Bộ, (c) Nam Trung Bộ, (d) Nam Bộ, (e) Toàn VN. Các ký hiệu giống như ở Hình 3.3.



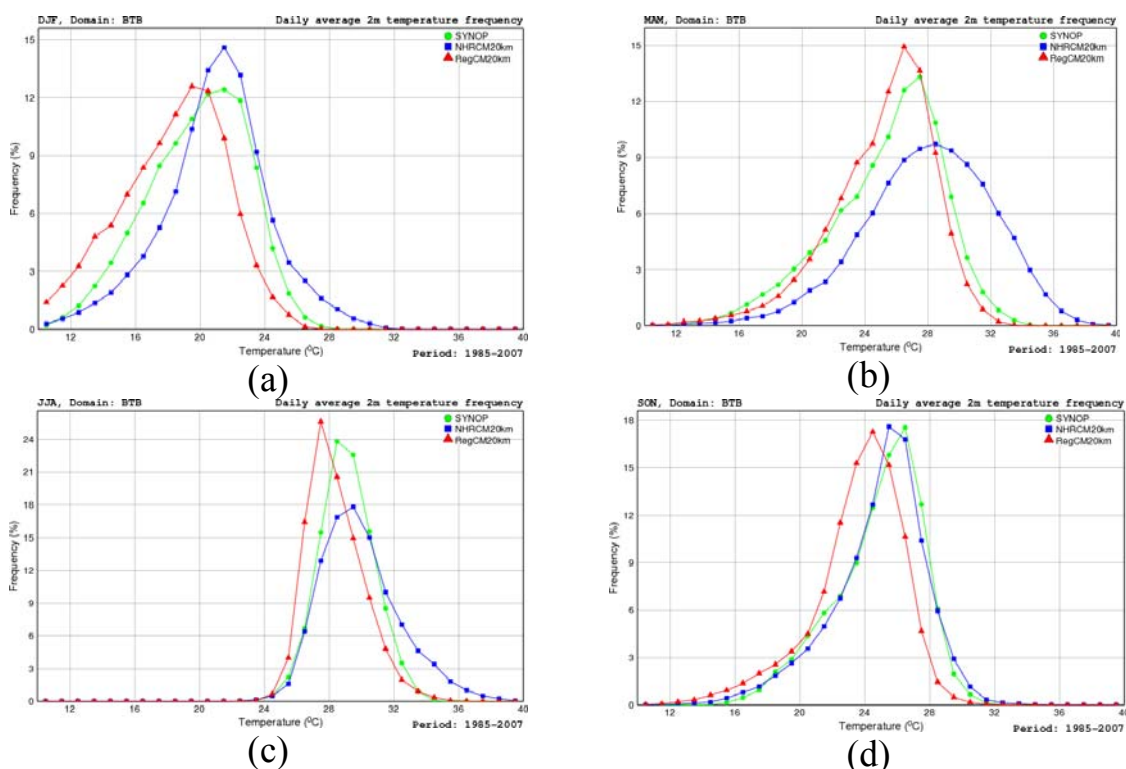
(e)

Trên Hình 3.4 là tần suất T2m (%) trung bình ngày nhiều năm trên các khu vực. Nhìn chung phân bố tần suất T2m trung bình ngày mô phỏng được của NHRCM20 (hình vuông - xanh lam) gần với phân bố thám sát (hình tròn - xanh lục) hơn so với của RegCM20 đối với vùng T2m thấp hơn (phía trái của cực đại tần suất) và đối với ba khu vực BB, NTB, NB và toàn VN. Riêng đối với khu vực BB thì sự phù hợp này lại đổi với vùng T2m cao hơn (phía phải của cực đại tần suất).



Hình 3.5 Tần suất T2m trung bình ngày trên khu vực Bắc Bộ cho 4 mùa: (a) mùa đông 12-2; (b) mùa xuân 3-5; (c) mùa hè 6-8; (d) mùa thu 9-11. Các ký hiệu giống như ở Hình 3.3

Nhìn chung về hình dạng đường phân bố tần suất nhiệt độ trung bình ngày của cả hai mô hình đều tương đối giống so với phân bố quan trắc, chứng tỏ cả hai mô hình đều nắm bắt được xu thế biến đổi nhiệt độ trong năm trên toàn khu vực Việt Nam. Tuy vậy, đường phân bố nhiệt độ T2m trung bình ngày của NHRCM20 gần như luôn lệch phải so với quan trắc và đường phân bố của RegCM20 gần như luôn lệch trái. Điều này đồng nghĩa với NHRCM20 mô phỏng T2m gần như luôn thiên cao và RegCM20 mô phỏng T2m gần như luôn thiên thấp. Riêng đối với BB độ lệch của đường phân bố T2m của NHRCM20 lớn hơn so với các khu vực khác.



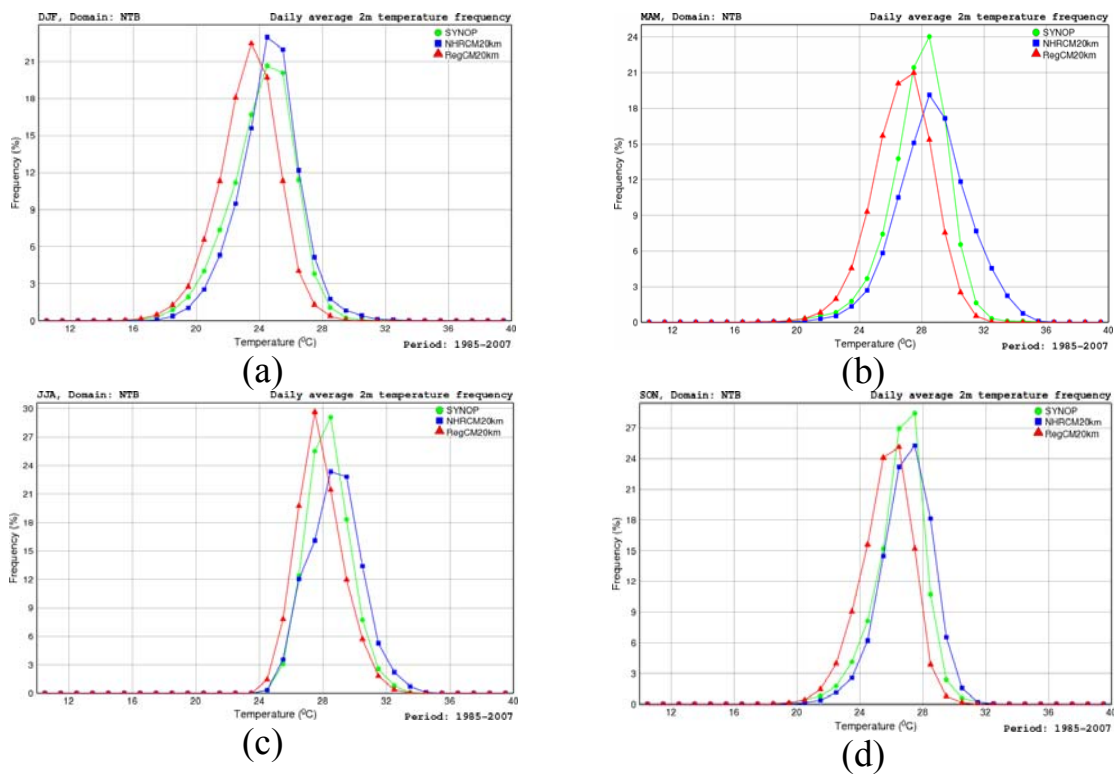
Hình 3.6 Tần suất T2m (%) trung bình ngày trên khu vực Bắc Trung Bộ cho 4 mùa: (a) mùa đông 12-2; (b) mùa xuân 3-5; (c) mùa hè 6-8; (d) mùa thu 9-11.

Các ký hiệu giống như ở Hình 3.3

Diễn biến phân bố tần suất T2m trung bình ngày theo mùa mô phỏng bởi hai mô hình trên khu vực BB được biểu diễn trên Hình 3.5. Ở đây ta thấy mô phỏng của cả hai mô hình khá phù hợp với thám sát cho mùa thu (tháng 9-11, Hình 3.5d). Về mùa đông (tháng 12-2) thì mô phỏng của NHRCM20 lại

phù hợp với thám sát hơn so với RegCM20. Vào mùa xuân (tháng 3-5) cả hai mô hình đều mô phỏng T2m trung bình ngày sai lệch lớn với quan trắc (Hình 3.5b).

Đối với BTB (Hình 3.6) diễn biến của tần suất T2m trung bình ngày cũng gần giống như đối với BB. Điểm nổi bật ở đây là trong phân bố tần suất T2m cũng thể hiện mô phỏng nhiệt độ của RegCM20 đối với các tháng mùa hè (3 đến 8) tốt hơn so với mô phỏng của NHRCM20. Ngược lại, đối với các tháng mùa thu (9 -11) thì NHRCM20 lại cho mô phỏng tốt hơn rõ rệt.



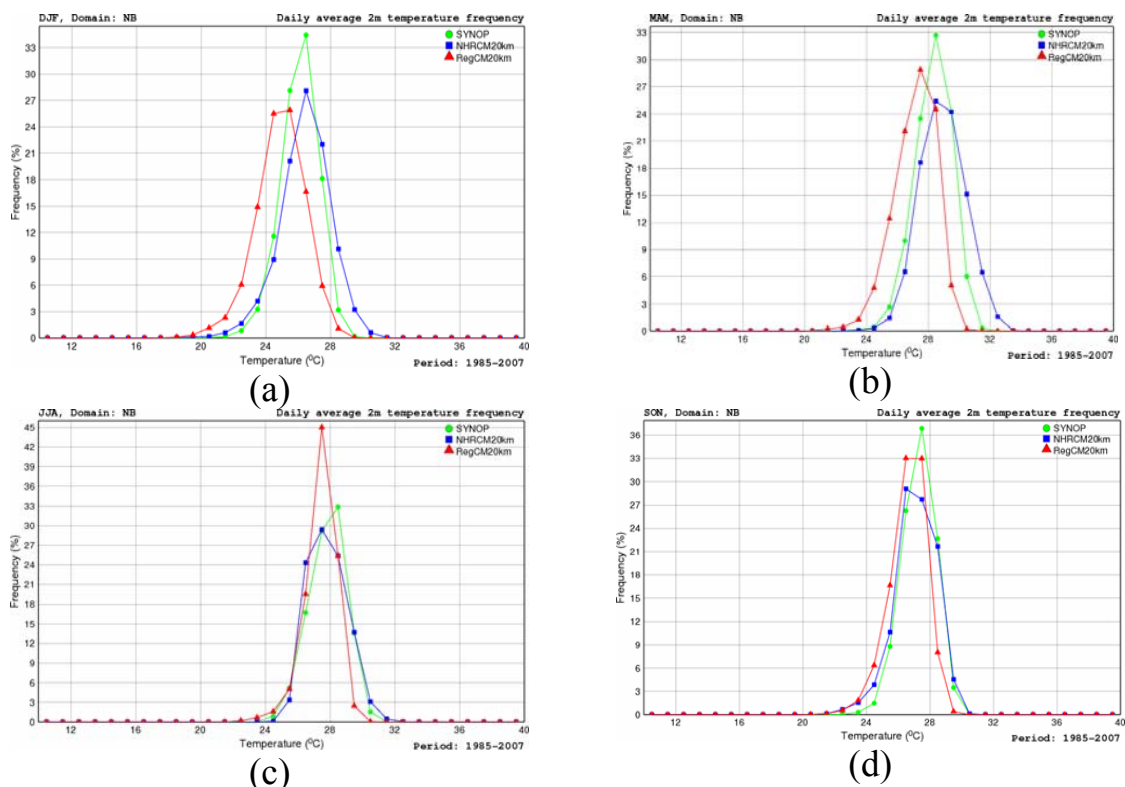
Hình 3.7 Tần suất T2m (%) trung bình ngày trên khu vực Nam Trung Bộ cho 4 mùa: (a) mùa đông 12-2; (b) mùa xuân 3-5; (c) mùa hè 6-8; (d) mùa thu 9-

### 11. Các ký hiệu giống như ở Hình 3.3

Đối với NTB (Hình 3.7) thì tương quan trên có thay đổi. Tần suất trung bình ngày T2m của NHRCM20 tiến gần hơn đến thám sát không chỉ đối với các tháng mùa đông mà đối với cả các tháng mùa hè. Riêng trên khu vực NB (Hình 3.8) mô phỏng phân bố tần suất trung bình ngày cho toàn năm của T2m

của NHRCM20 tốt hơn hẳn so với mô phỏng của RegCM20 một cách hệ thống cho cả mùa đông và mùa hè.

Tần suất T2m trung bình ngày trên khu vực NB cho bốn mùa được thể hiện trên Hình 3.8. Đối với khu vực NB ta thấy đường phân bố tần suất T2m của NHRCM20 gần trùng với đường thám sát gần như cho cả bốn mùa trong khi đường phân bố này của RegCM20 luôn lệch trái so với đường thám sát.



Hình 3.8 Tần suất T2m (%) trung bình ngày trên khu vực Nam Bộ cho 4 mùa: (a) mùa đông 12-2; (b) mùa xuân 3-5; (c) mùa hè 6-8; (d) mùa thu 9-11. Các ký hiệu giống như ở Hình 3.3

Diễn biến của phân bố tần suất T2m trung bình ngày trên đây một lần nữa khẳng định rằng mô hình thủy tĩnh RegCM20 bộc lộ rõ yếu điểm đối với vùng nhiệt đới cận xích đạo.

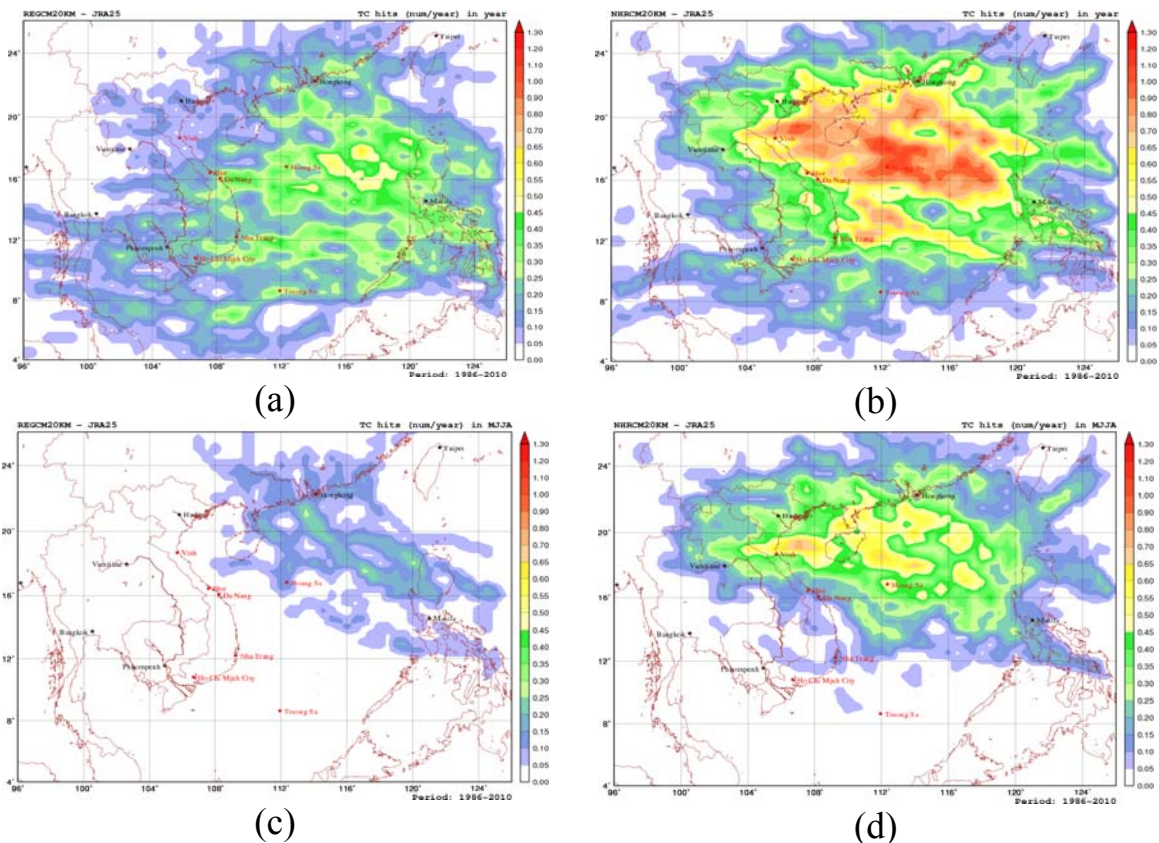
### 3.2.2 Phân tích kết quả mô phỏng xoáy thuận nhiệt đới (TC) trên Biển Đông

So sánh phân bố trung bình năm và trung bình mùa của số TC mô phỏng trên khu vực VN-BĐ (1986-2010) trên Hình 3.9 ta thấy NHRCM20

(3.9b) mô phỏng được nhiều TC hơn so với RegCM20 (3.9a). Đặc điểm này cũng thể hiện rõ trên trung bình 4 tháng mùa hè nếu so sánh hình 3.9c với hình 3.9d. Vùng hoạt động TC của NHRCM20 cũng rộng hơn so với của RegCM20, nhất là vào bốn tháng mùa hè (5-8).

*Bảng 3.1 Tổng số TC mô phỏng/tháng thời đoạn (1986-2010) cho các tháng 8-10 của hai mô hình mô hình RegCM20 và NHRCM20*

<b>Tháng</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
RegCM20	7	19	30
NHRCM20	52	49	41

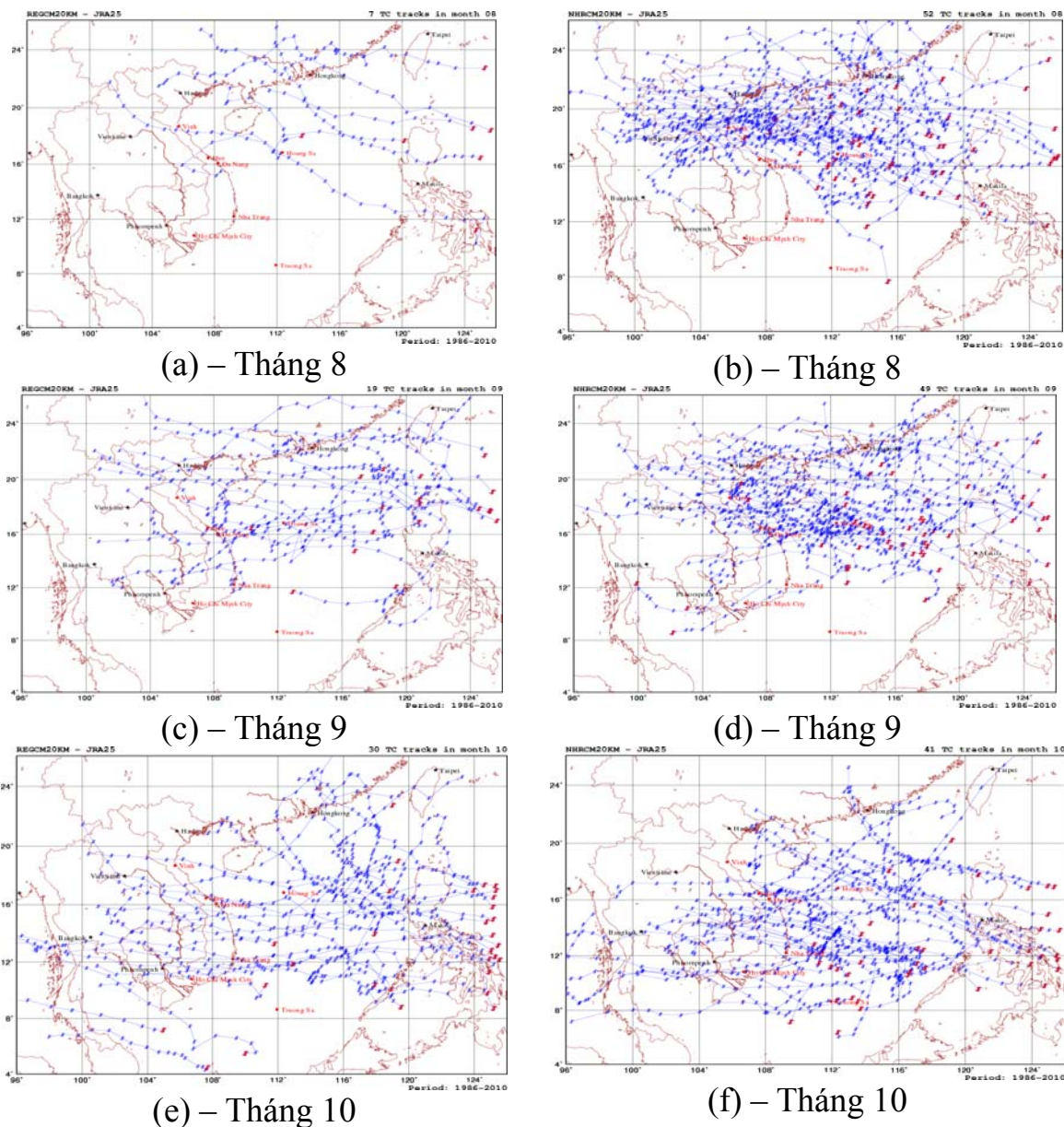


*Hình 3.9 Số TC trung bình năm và trung bình 4 tháng (5-8) mô phỏng được của RegCM20 (trái) và của NHRCM20 (phải) thời đoạn (1986-2010)*

Từ phân bố TC-track mô phỏng của các tháng 8, 9, 10 trên Hình 3.10 ta thấy NHRCM20 (phải) phát hiện nhiều TC hơn so với RegCM20 (trái) trong đó cần lưu ý là NHRCM20 nắm bắt rất nhiều những áp thấp nhỏ phát triển



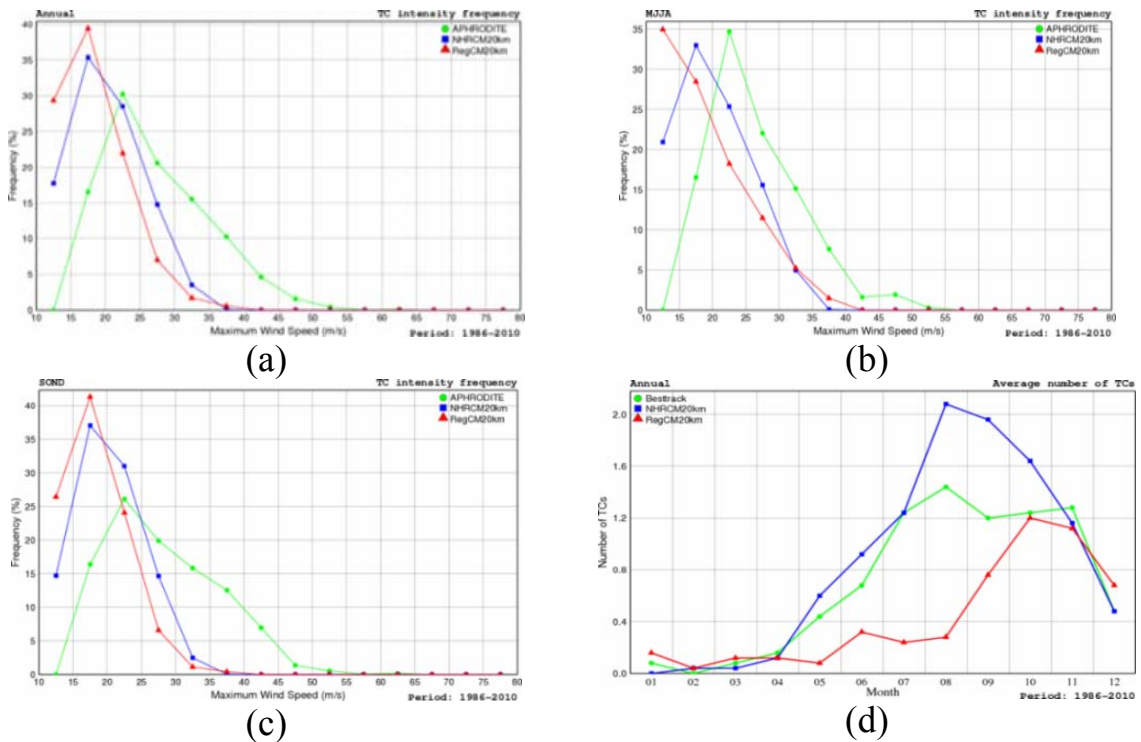
trên BĐ (chấm đỏ là điểm phát sinh áp thấp) trong khi RegCM20 chủ yếu chỉ phát hiện được những TC mạnh phát triển từ xa của tây Thái Bình Dương (TBD).



Hình 3.10 TC-track mô phỏng từng tháng thời đoạn (1986-2010) bởi RegCM20 (trái) và bởi NHRCM20 (phải)

Tổng số TC mô phỏng được của hai mô hình trong ba tháng 8-10 của thời đoạn (1986-2010) trên khu vực VN-BĐ trên Bảng 3.1 cho ta thấy NHRCM20 nắm bắt được số lượng TC cao hơn nhiều so với RegCM20, đặc biệt vào tháng 8 của thời kỳ này.

Diễn biến của tần suất cường độ TC (đo bằng tốc độ gió cực đại trong bão) trung bình năm (Hình 3.11a) cho thấy NHRCM20 mô phỏng được cường độ TC mạnh hơn so với RegCM20, nhưng cả hai đều yếu hơn so với thám sát, đặc biệt cả hai mô hình đều không mô phỏng được những cường độ cực mạnh với gió cực đại cỡ (35-40) m/s.



Hình 3.11 Tần suất (%) cường độ TCs mô phỏng được của RegCM20 (hình tam giác đỏ), NHRCM20 (hình vuông xanh lam), best track (chấm tròn xanh lục) của thời đoạn (1986-2010). Trục tung-Tần suất (%), trục hoành-Tốc độ gió cực đại (m/s). (a) Trung bình năm, (b) Trung bình tháng 5-8, (c) Trung bình tháng 9-12, (d) Diễn biến số TC trung bình năm theo tháng

Tần suất (%) cường độ TC trung bình 4 tháng có hoạt động mạnh của bão trên (Hình 3.11b, c) cũng cho thấy cường độ bão mô phỏng của cả hai mô hình yếu hơn bão thám sát, tuy nhiên cường độ TC của NHRCM20 mạnh hơn so với cường độ TC của RegCM20 trên trung bình năm cũng như trung bình 4 tháng.

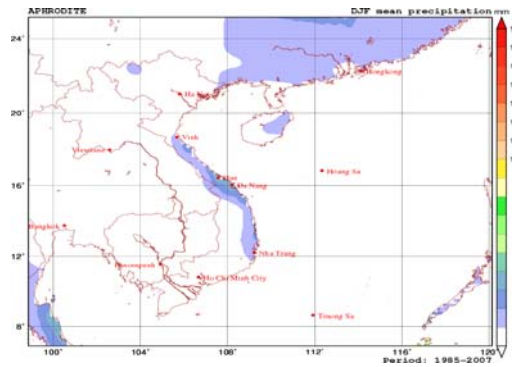
Diễn biến theo tháng của số TC trung bình năm mô phỏng của hai mô hình và best track (theo JMA) (Hình 3.11d) chỉ ra rằng số TC trung bình năm của RegCM20 thấp hơn nhiều so với của best track trong các tháng mùa bão (4-11) nhưng lại hơi cao hơn trong các tháng mùa đông (12-3). Ngược lại, số TC trung bình năm của NHRCM20 luôn cao hơn so với của best track ngoại trừ trong tháng 1 và 3.

Theo lý thuyết, tâm của TC là nơi có khí áp cực tiểu, vùng gió cực đại bao quanh hay giá trị của độ xoáy cực đại... Vì vậy trong mô hình số thông thường người ta tìm các cực trị này trên trường áp (gió) toàn miền tính của mực mô hình thấp nhất và xác định tọa độ của điểm cực trị tìm được. Quỹ đạo là đường nối các điểm có tọa độ vừa xác định. Bởi vậy chất lượng mô phỏng trường áp (gió) của mô hình càng cao thì chất lượng xác định các cực trị này càng tốt, nghĩa là càng gần với thực và do đó các mô hình khác nhau sẽ phát hiện ra số TC khác nhau cũng như quỹ đạo của chúng khác nhau. Mặt khác về nguyên tắc mô hình phân giải càng cao thì khả năng phát hiện càng cao... Sản phẩm TC phát hiện nhận được trên đây dựa theo nguyên tắc đó. Vì lẽ đó việc mô hình khu vực phân giải cao có khả năng phát hiện nhiều TC hơn trên Biển Đông so với Best track là bình thường và những TC mới hơn này thường là những áp thấp nhỏ hay xoáy nhỏ phát triển trên Biển Đông và gần bờ.

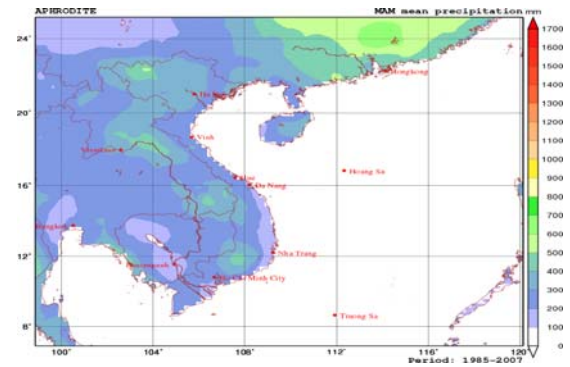
### ***3.2.3 Phân tích kết quả mô phỏng mưa***

Tái phân tích mưa trung bình từng ba tháng và toàn năm trên khu vực nghiên cứu thời đoạn (1985-2007) của APHRODITE lần lượt biểu diễn trên Hình 3.12.

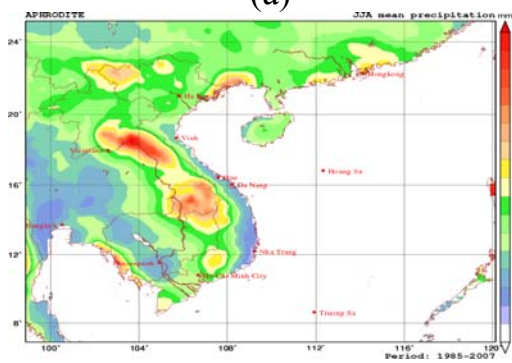




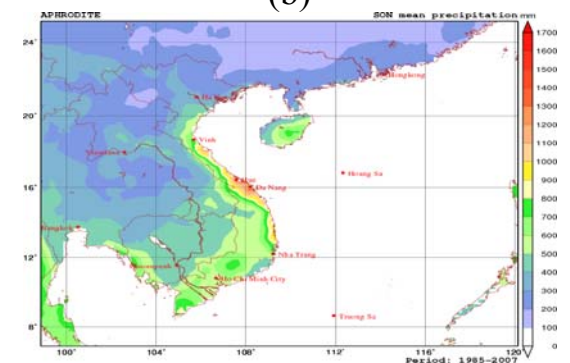
(a)



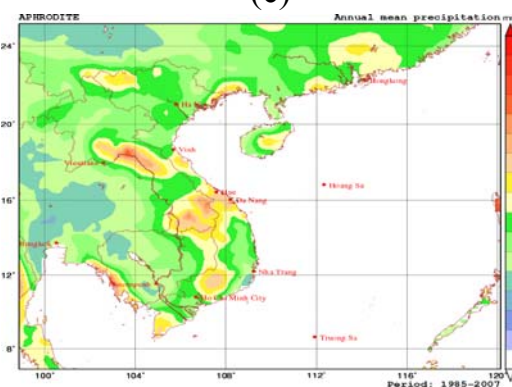
(b)



(c)



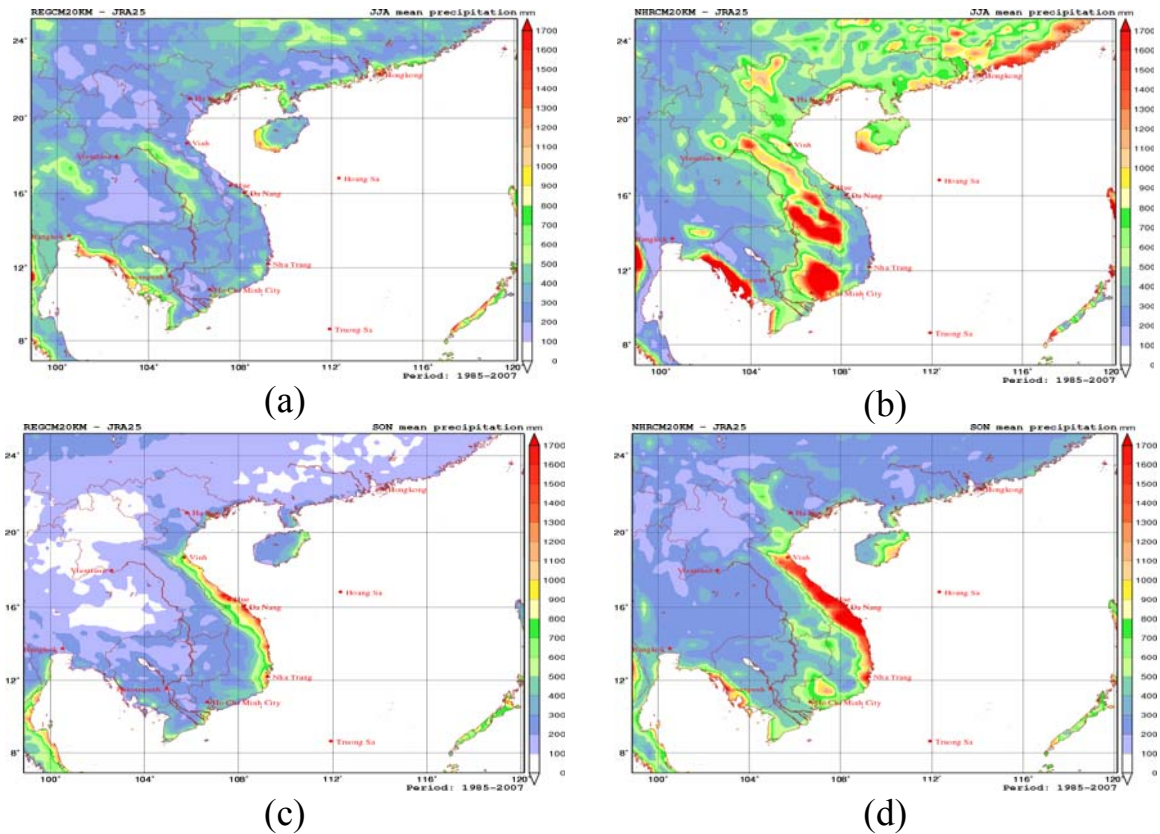
(d)



(e)

Hình 3.12 Tái phân tích mưa APHRODITE (mm) trung bình thời đoạn (1985-2007): (a) tháng 12-2; (b) tháng 3-5; (c) tháng 6-8; (d) tháng 9-11 và (e) trung bình năm

Kết quả so sánh lượng mưa TB của tái phân tích APHRODITE với lượng mưa TB thám sát của các trạm synop trên lãnh thổ VN cho thấy tái phân tích mưa APHRODITE khá thiên thấp. Tuy nhiên sự phân bố các trung tâm mưa trên tái phân tích APHRODITE lại khá phù hợp với các trung tâm mưa lớn thám sát. Kết quả này sẽ giúp ích cho việc đánh giá kết quả mô phỏng mưa của mô hình cho khí hậu hiện tại (1985-2007).

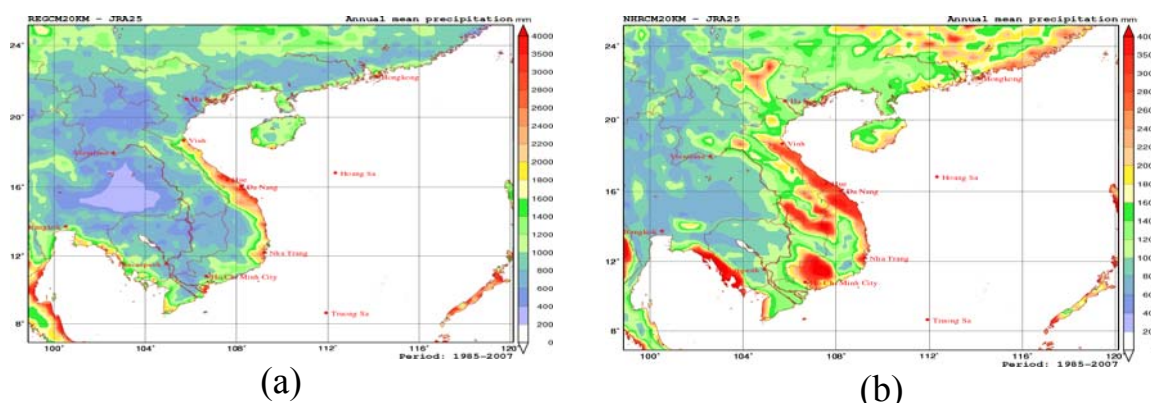


Hình 3.13 Lượng mưa trung bình (mm) tháng 6-8 (a, b); tháng 9-11 (c, d) mô phỏng bởi RegCM20 (trái) và bởi NHRCM20 (phải) thời đoạn (1985-2007)

Phân bố tổng lượng mưa trung bình mùa (mm) của khí hậu hiện tại được biểu diễn trên Hình 3.13 với cột bên trái là mô phỏng của RegCM20 (Hình 3.13a, c), cột bên phải là mô phỏng của NHRCM20 (Hình 3.13b, d). So sánh phân bố tổng lượng mưa trung bình mô phỏng bởi hai mô hình này với phân bố tương ứng của tái phân tích APHRODITE trên Hình 3.12 đều thấy mưa của RegCM20 khá thấp hơn tái phân tích và càng thấp hơn mưa của NHRCM20. RegCM20 gần như không phát hiện được các trung tâm mưa lớn trên lãnh thổ VN trong lúc NHRCM20 cho mô phỏng mưa cao hơn tái phân tích nghĩa là gần với thực hơn, và đặc biệt NHRCM20 tái sinh khá tốt các trung tâm mưa lớn theo mùa trên lãnh thổ VN, điển hình là vào ba tháng 6, 7, 8 (Hình 3.13b) thể hiện rõ các trung tâm mưa lớn ở Cà Mau, Tây Nguyên, Tây Trường Sơn cũng như ở Bắc Quang, Mường Tè, giống với phân bố của tái phân tích (Hình 3.12c). Ngược lại trung bình mưa ba tháng 9, 10, 11 (Hình

3.13d) lại tập trung mưa ở phía Đông Trường Sơn và ven biển gần giống với phân bố của tái phân tích APHRODITE (Hình 3.12d).

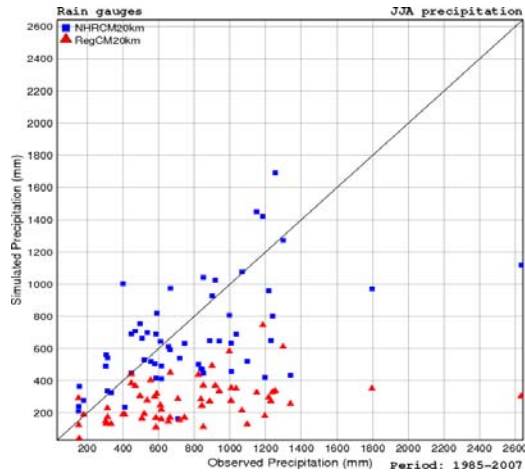
Hình 3.13 biểu diễn phân bố tổng lượng mưa năm trung bình (1985-2007) mô phỏng được của hai mô hình và so sánh với tái phân tích APHRODITE. Kết quả cho thấy mô phỏng lượng mưa của NHRCM20 (Hình 3.13b) lớn hơn so với mô phỏng bởi RegCM20 (Hình 3.13a) và lớn hơn cả mưa tái phân tích của APHRODITE (Hình 3.11e). Xét về diện mưa có thể nhận thấy sự phù hợp hơn về phân bố mưa của NHRCM20 so với của RegCM20 ở những vùng mưa lớn.



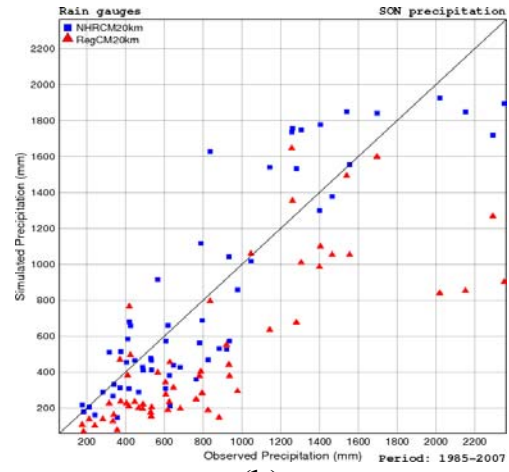
Hình 3.14 Tổng lượng mưa năm trung bình (mm) thời đoạn (1986-2007) mô phỏng của RegCM20 (a) và của NHRCM20 (b)

Điểm đáng chú ý là trên tổng lượng mưa TB năm (Hình 3.14) NHRCM20 mô phỏng khá tốt các trung tâm mưa lớn ở vùng Tây Bắc là Mường Tè và Bắc Quang cũng như trung tâm mưa lớn Bảo Lộc-Lâm Đồng ở phía nam Tây Nguyên và trung tâm mưa lớn trên vùng Cà Mau ở NB. Sự phân bố các trung tâm mưa của NHRCM20 khá phù hợp với phân bố mưa của APHRODITE.

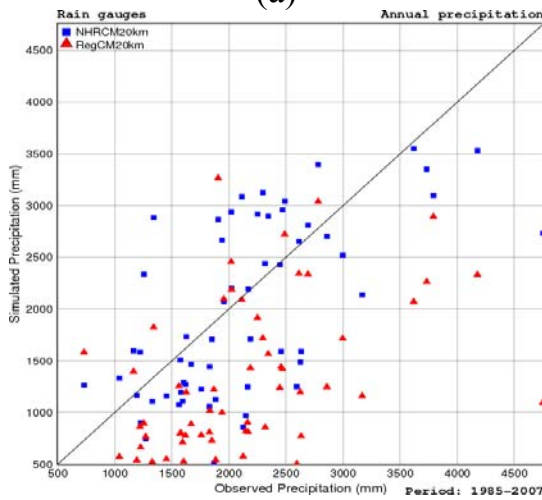
Lượng mưa TB năm mô phỏng của hai mô hình RegCM20 và NHRCM20 cho trên Hình 3.14 không những cho thấy sự khác nhau rất lớn giữa lượng mưa của hai mô hình mà còn chỉ ra rằng RegCM20 không tái sinh được các trung tâm mưa lớn trên lãnh thổ VN nêu trên.



(a)



(b)



(c)

Hình 3.15 Biểu đồ tự điểm tổng lượng mưa trung bình mùa và năm của mưa mô phỏng (mm) – trực tung bởi NHRCM20 (hình vuông xanh lam), bởi RegCM20 (hình tam giác đỏ) với mưa thám sát (mm) – trục hoành: (a) tháng 6-8; (b) tháng 9-11 và (c) Trung bình năm của thời đoạn (1985-2007)

Trên Hình 3.15 là biểu đồ tự điểm tổng lượng mưa trung bình (mm) để so sánh sự phù hợp giữa mưa mô phỏng (trục tung) với mưa quan trắc (trục hoành). Từ đây ta thấy, khác với nhiệt độ, mưa có sự biến động mạnh hơn, các điểm giá trị phân tán nhiều hơn xung quanh đường chéo tối ưu. Hình 3.15c cho thấy tổng lượng mưa mô phỏng trung bình năm bởi NHRCM20 thường cao hơn so với quan trắc trong khoảng lượng mưa (2000-2500) mm, trong khi ở khoảng mưa (1000-2000) mm thì mưa mô phỏng của NHRCM20 lại có xu hướng thiên thấp.

Mô phỏng bởi RegCM20 thể hiện rõ sự thiếu hụt lượng mưa so với quan trắc ở hầu hết các ngưỡng mưa. Xét riêng lượng mưa trung bình nhiều năm của ba tháng (6, 7, 8) (Hình 3.15a) là thời kỳ mùa mưa trùng với mùa gió

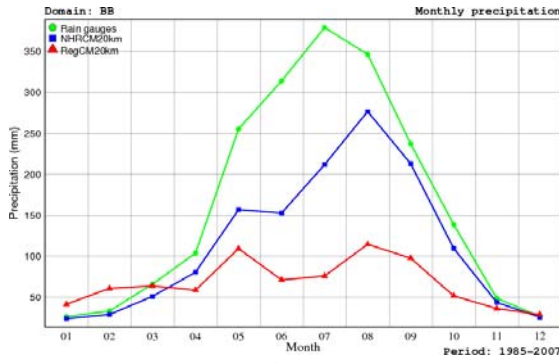
mùa hè ta thấy giá trị mô phỏng bởi NHRCM20 phân bố tương đối đều về cả 2 phía của đường chéo, trong khi đó lượng mưa trung bình nhiều năm của ba tháng (6, 7, 8) mô phỏng bởi RegCM20 thấp hơn nhiều so với thám sát. Trong ba tháng tiếp theo (9, 10, 11) xu thế lượng mưa mô phỏng của 2 mô hình cũng tương tự, ngoài ra mức độ phân tán của các giá trị mưa trong khoảng thời gian này còn mạnh hơn so với ba tháng trước (6, 7, 8). Phân bố lượng mưa tháng (mm) trung bình nhiều năm (1985-2007) được biểu diễn trên Hình 3.16. Nhìn chung từ đây ta thấy:

a) Vào mùa mưa, tháng (4-11), RegCM20 cho mô phỏng mưa quá thiên thấp so với NHRCM20 cũng như so với thám sát, nhưng lại thiên cao vào mùa khô (tháng 12 đến 3).

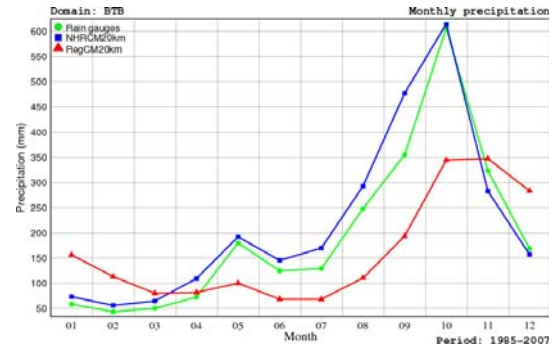
b) Nếu so sánh kết quả mô phỏng mưa giữa các khu vực thì NHRCM20 tái sinh mưa khu vực Nam Bộ (Hình 3.16d) vào các tháng 4-8 khá gần với thám sát trong lúc ở Bắc Bộ (Hình 3.16a) vào thời gian này lại thấp hơn so với thám sát. Nhưng đối với cả Trung Bộ (BTB+NTB) (Hình 3.16b và 3.16c) thì mưa mô phỏng của NHRCM20 lại khá gần với thám sát cho suốt mùa mưa (tháng 4 đến 11) với cực trị vào tháng 10 giống như mưa thám sát.

c) Nếu xét trung bình trên toàn lãnh thổ VN (Hình 3.16e) thì mưa mô phỏng của NHRCM20 sát với quan trắc hơn trong các tháng từ 1-4 và từ 9-12, các tháng còn lại (5-8) có xu thế thấp hơn so với quan trắc và mưa mô hình cực đại vào tháng 10 khá phù hợp với thám sát. Từ hai nhận xét b) và c) có thể suy ra rằng tổng lượng mưa trung bình trên lãnh thổ VN chi phối bởi mưa Miền Trung.

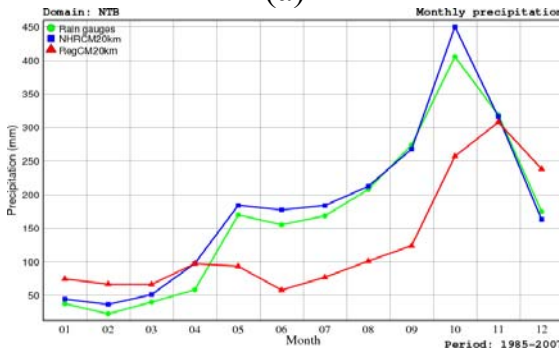




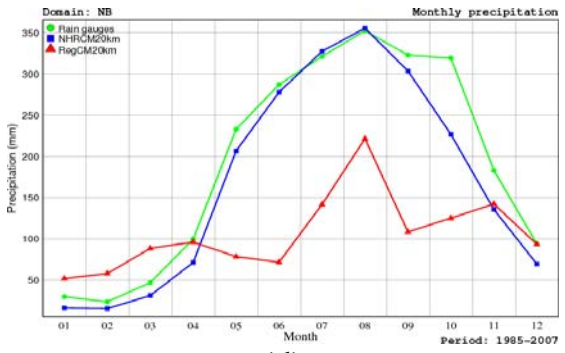
(a)



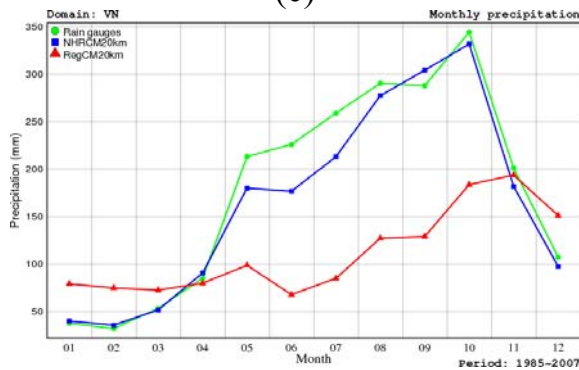
(b)



(c)



(d)

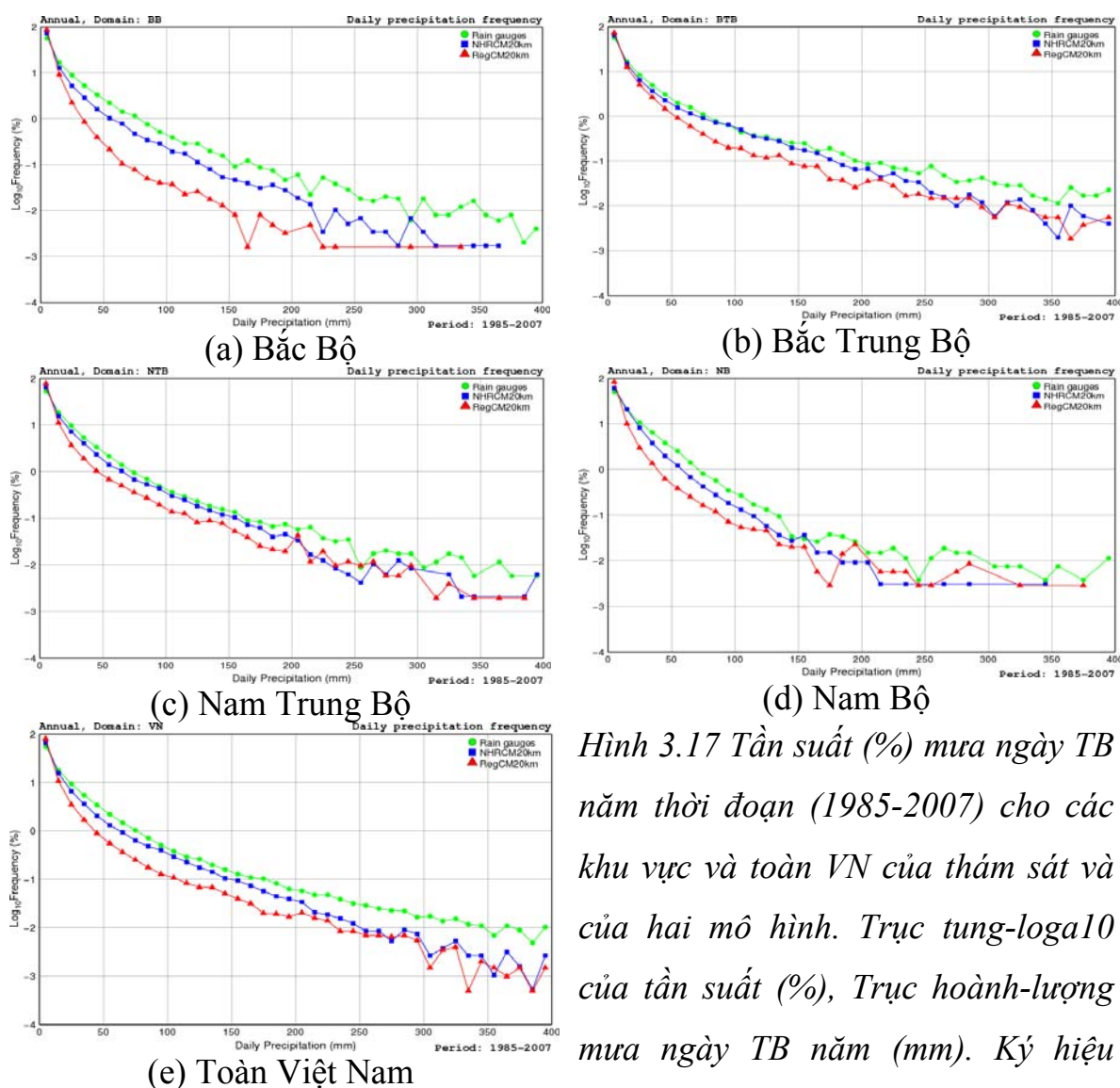


(e)

Hình 3.16 Phân bố lượng mưa TB tháng (mm) thời đoạn (1985-2007) của hai mô hình và thám sát cho các khu vực: (a) BB, (b) BTB, (c) NTB, (d) NB và (e) Toàn VN. Trục tung – lượng mưa (mm); Trục hoành – tháng. Các ký hiệu giống như trên Hình 3.3.

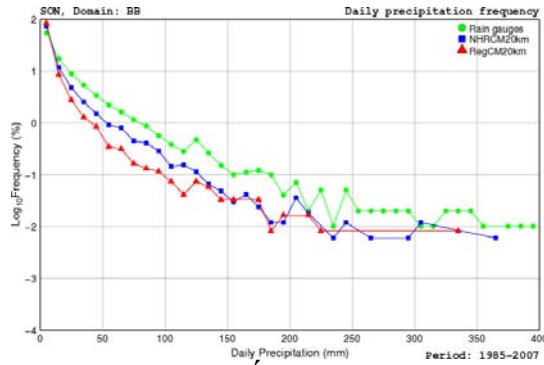
Trên Hình 3.17 cho ta diễn biến  $\log_{10}$  của tần suất lượng mưa ngày TB nhiều năm của thám sát synop cũng như mô phỏng bởi hai mô hình NHRCM20 và RegCM20 cho các khu vực khác nhau. Nhìn chung, từ diễn biến các đường cong trên hình cho thấy đường mô phỏng của RegCM20 gần như luôn nằm dưới đường mô phỏng của NHRCM20 và càng dưới hơn đường thám sát. Điều đó có nghĩa rằng, RegCM20 không chỉ mô phỏng cường độ mưa rất thấp hơn mà còn nắm bắt được ít trận mưa hơn so với NHRCM20 và

so với thám sát đối với ngưỡng mưa <250mm/ngày. Riêng đối với NB ngưỡng mưa này là 200 mm/ngày.

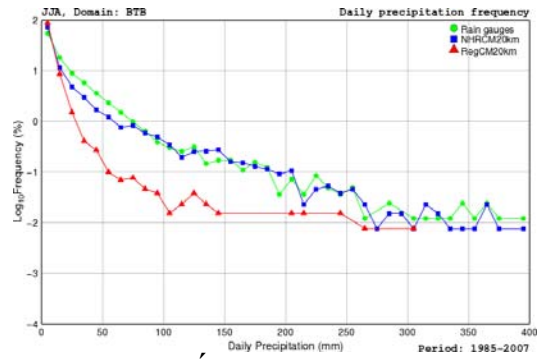


Hình 3.17 Tần suất (%) mưa ngày TB năm thời đoạn (1985-2007) cho các khu vực và toàn VN của thám sát và của hai mô hình. Trục tung- $\log_{10}$  của tần suất (%), Trục hoành-lượng mưa ngày TB năm (mm). Ký hiệu giống như trên Hình 3.3

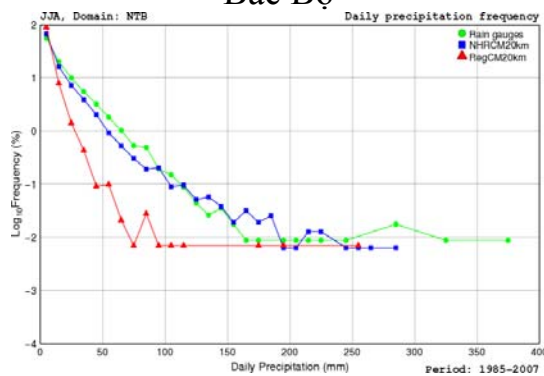
Đối với những ngưỡng mưa >250mm/ngày tần suất lượng mưa ngày của NHRCM20 vẫn luôn nằm dưới đường thám sát nhưng diễn biến tần suất mưa ngày của RegCM20 trở nên phức tạp.



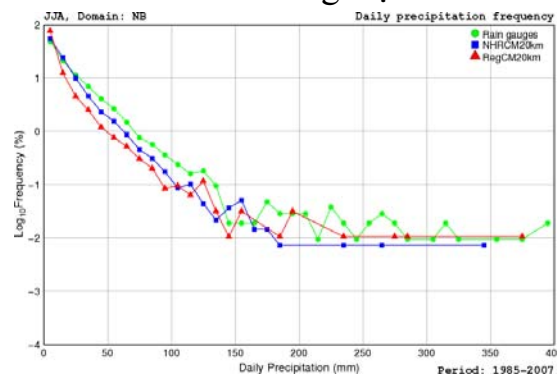
**Bắc Bộ**



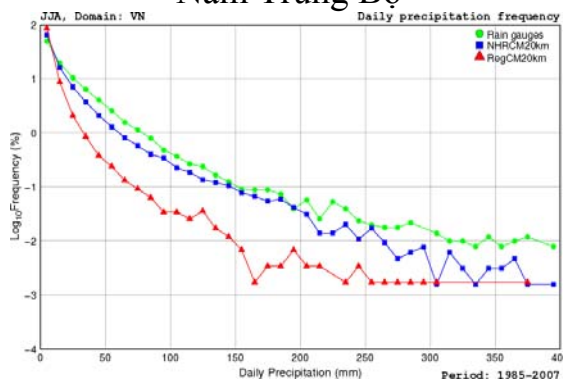
**Bắc Trung Bộ**



**Nam Trung Bộ**



**Nam Bộ**

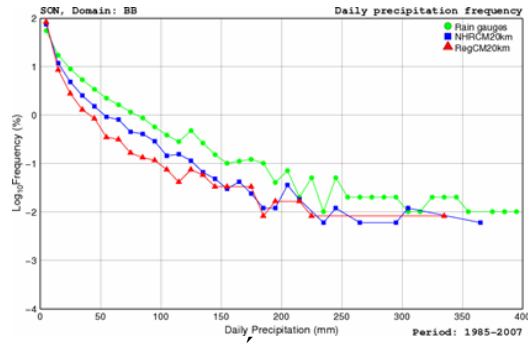


**Toàn Việt Nam**

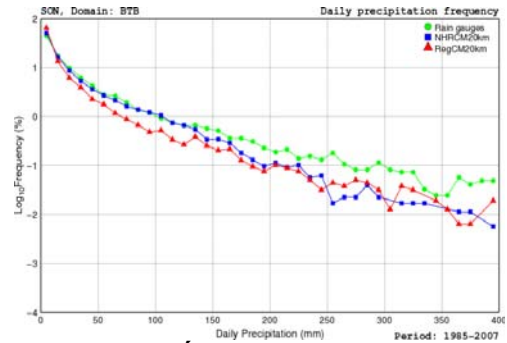
*Hình 3.18a Tần suất (%) mưa ngày TB mùa hè (6-8) cho các khu vực và toàn VN thời đoạn (1985-2007) của thám sát và của hai mô hình. Trục tung- $\log_{10}$  của tần suất; Trục hoành-lượng mưa ngày TB mùa (mm). Ký hiệu giống như trên Hình 3.3*

Tần suất (%) mưa ngày TB ba tháng (6-8) thời đoạn (1985-2007) cho từng khu vực và toàn VN của thám sát và mô phỏng bởi hai mô hình biểu diễn trên Hình 3.18a. Nhìn chung từ hình này nhận thấy đối với mưa mùa hè (tháng 6-8) đường cong tần suất của NHRCM20 khá gần với đường cong thám sát cho từng khu vực cũng như cho toàn VN, trong khi đó đường cong tần suất của RegCM20 lại biến đổi phức tạp, đặc biệt đối với mưa lớn.

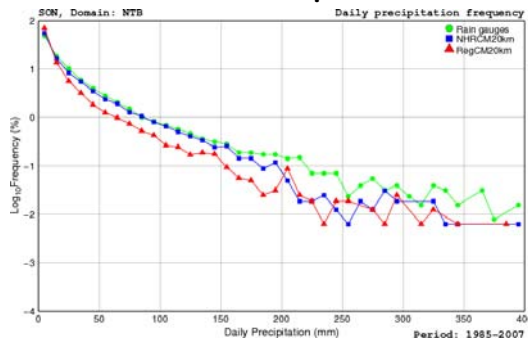




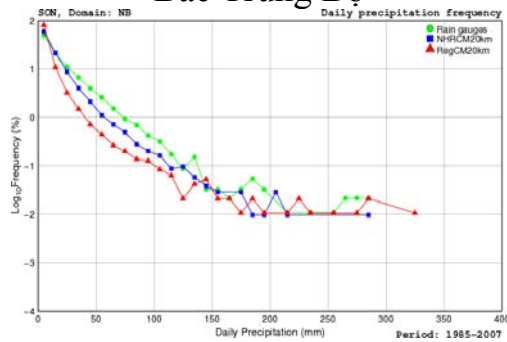
Bắc Bộ



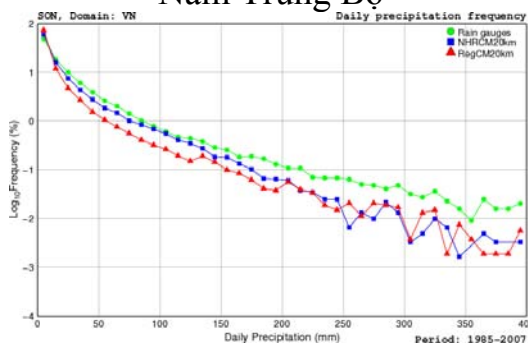
Bắc Trung Bộ



Nam Trung Bộ



Nam Bộ



Toàn Việt Nam

Hình 3.18b Tần suất (%) mưa ngày TB mùa thu (9-11) cho các khu vực TB mùa thu (9-11) cho các khu vực và toàn VN thời đoạn (1985-2007) của thám sát và của hai mô hình. Trục tung- $\log_{10}$  của tần suất; Trục hoành-lượng mưa ngày TB mùa (mm). Ký hiệu giống như trên Hình 3.3

Hình 3.18b biểu diễn tương tự diễn biến của tần suất giống như Hình 3.18a nhưng cho ba tháng mùa thu (9-11). Đối với mùa thu ta thấy đường cong của RegCM20 gần hơn với đường của NHRCM20 và đường cong thám sát đối với từng khu vực và toàn VN. Điều đó có nghĩa là RegCM20 cho mưa mô phỏng trong các tháng mùa thu (tháng 9-11) tốt hơn so với mùa hè, tuy nhiên vẫn kém hơn so với NHRCM20.

Tất cả những phân tích trên đối với  $T2m$ , xoáy thuận nhiệt đới cũng như lượng mưa và phân bố mưa mô phỏng bởi hai mô hình thủy tĩnh

*RegCM20 và bất thủy tĩnh NHRCM20 trên đây đã chứng minh được rằng NHRCM20 tái sinh khí hậu hiện tại trên khu vực VN-BĐ tốt hơn hẳn RegCM20 và càng đi về những vĩ độ thấp gần hơn với xích đạo thì tính ưu việt của NHRCM20 càng bộc lộ rõ hơn so với của RegCM20. Như vậy, bằng tính toán thực nghiệm đã chỉ ra được vai trò của sự phát triển bất thủy tĩnh trong khí quyển nhiệt đới tăng dần cùng với sự giảm của vĩ độ.*

Với độ phân giải này mô hình khí hậu khu vực bất thủy tĩnh NHRCM20 được chọn cho nghiên cứu liệu tiếp tục downscaling để tăng độ phân giải (chẳng hạn với 5km phân giải ngang và 50 mực đứng → NHRCM05) thì chất lượng mô phỏng khí hậu hiện tại của NHRCM05 có tốt hơn không? Kết quả của thử nghiệm T2 tiếp theo sẽ trả lời câu hỏi này.

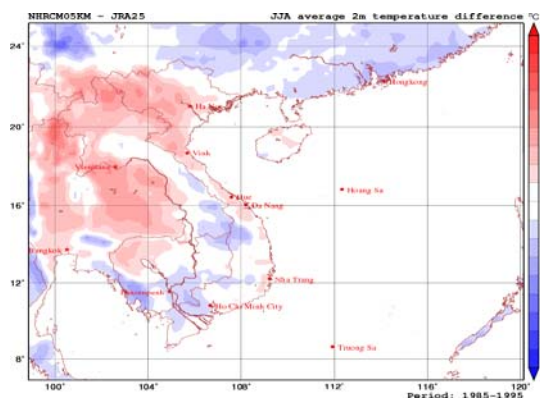
### **3.3 Phân tích kết quả mô phỏng khí hậu hiện tại (1985-1995) của mô hình khí hậu khu vực bất thủy tĩnh phân giải cao NHRCM05. Thử nghiệm T2.**

Nội dung khoa học của thử nghiệm T2 là tiếp tục phương pháp dynamical downscaling để chạy mô hình NHRCM với độ phân giải cao hơn (5km và 50 mực) được ký hiệu là NHRCM05 với *số liệu đầu vào là kết quả mô phỏng của NHRCM20 trong thử nghiệm T1* cho miền nhỏ hơn tương ứng với Hình 1.2 ở Chương 1 nhưng chỉ cho thời đoạn (1985-1995) vì với độ phân giải của T2 khối lượng tính toán cho lưới này với số nút lưới đạt đến (541x501x50) sẽ vô cùng lớn nên không thể tính dài hơn. Dưới đây là phân tích kết quả mô phỏng của thử nghiệm T2 lần lượt cho nhiệt độ (T2m), xoáy thuận nhiệt đới (TC), lượng mưa, vị trí vùng mưa và so sánh với kết quả tương ứng của T1 và với thám sát.

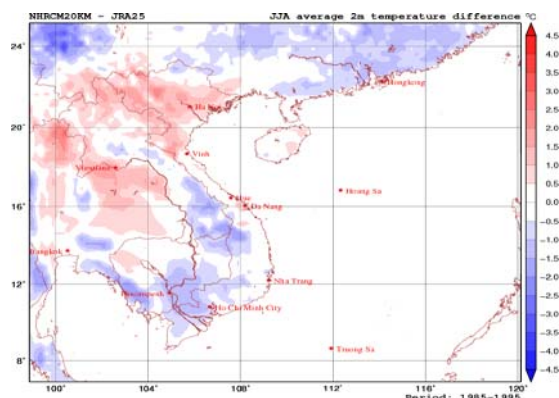
#### **3.3.1 Phân tích kết quả mô phỏng nhiệt độ mực 2 mét - T2m**

Trên Hình 3.19 biểu diễn phân bố của hiệu số nhiệt độ T2m giữa mô phỏng của NHRCM05 (Hình 3.19a), NHRCM20 (Hình 3.19b) và RegCM20 (Hình 3.19c) và tái phân tích APHRODITE cho mùa hè (tháng 6-8) thời đoạn (1985-1995). Từ phân bố này ta thấy trên phần lớn lãnh thổ của bán đảo Đông

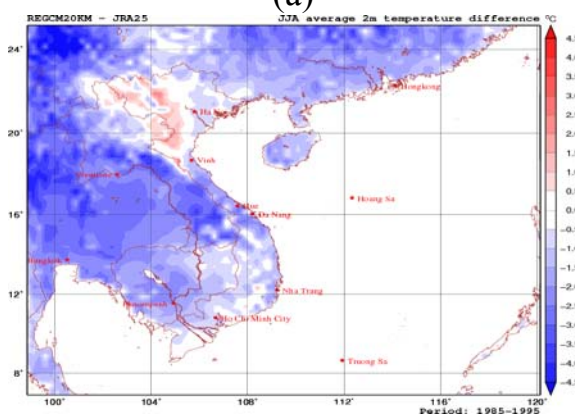
Dương thì RegCM20 cho mô phỏng T2m quá thiên thấp, trong khi NHRCM20 lại cho mô phỏng T2m cao hơn so với tái phân tích APHRODITE, trong khi đó NHRCM05 cho mô phỏng T2m cao hơn so với NHRCM20. Định lượng hơn sẽ được xem xét trong những đánh giá dưới đây.



(a)



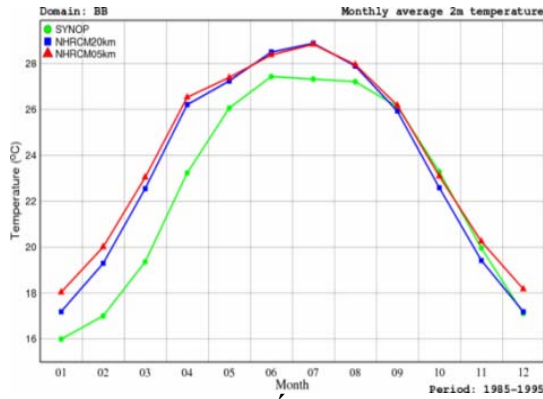
(b)



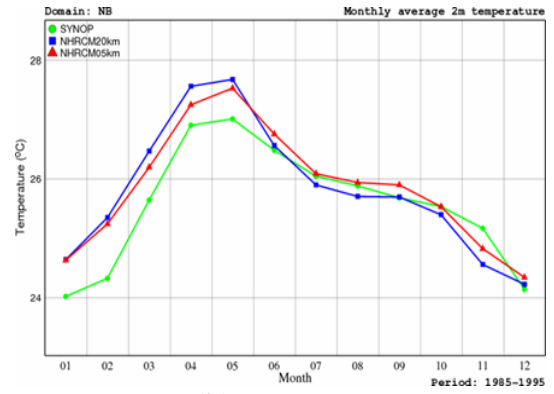
(c)

Hình 3.19 Hiệu số T2m giữa mô hình và tái phân tích APHRODITE trung bình của 3 tháng (6-8) thời đoạn (1985-1995): (a) NHRCM05; (b) NHRCM20; (c) RegCM20

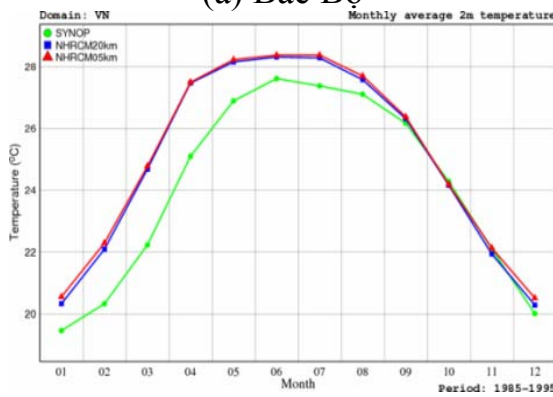
T2m trung bình tháng của thời đoạn (1985-1995) trên các vùng BB, NB và toàn VN theo mô phỏng của NHRCM20 và NHRCM05 được biểu diễn trên Hình 3.20. Nhận xét suy ra từ Hình 3.20a là đối với BB cả hai phiên bản NHRCM20 và NHRCM05 đều mô phỏng thiên cao T2m từ tháng 1 đến tháng 8 nhưng khá phù hợp với thám sát từ tháng 9 đến tháng 12. Đối với NB (Hình 3.20b) mô phỏng T2m của cả hai phiên bản này gần với thực hơn nhưng vẫn hơi thiên cao từ tháng 1 đến tháng 4. Trên TB toàn VN, T2m TB tháng của NHRCM20 và NHRCM05 trùng khít với nhau và với thám sát từ tháng 9 đến 12, nhưng vẫn duy trì thiên cao từ tháng 1 đến 8.



(a) Bắc Bộ



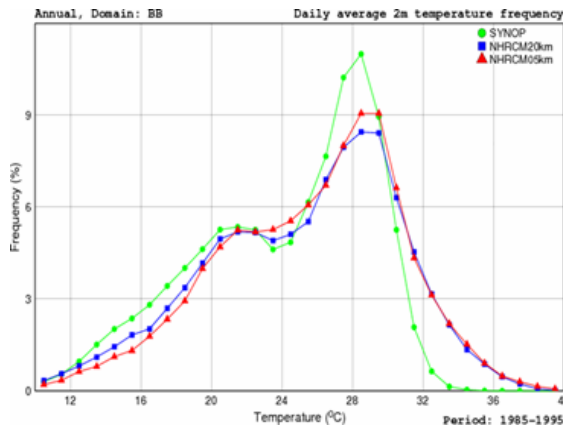
(b) Nam Bộ



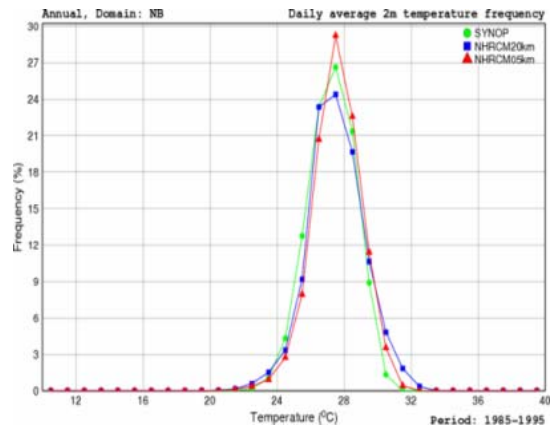
(c) Toàn VN

Hình 3.20 T2m trung bình tháng thời đoạn (1985-1995) mô phỏng của NHRCM cho các khu vực và toàn VN: (a) Bắc Bộ, (b) Nam Bộ và (c) toàn VN. Ký hiệu: synop (chấm tròn xanh lục); NHRCM20 (vuông xanh lam); NHRCM05 (tam giác đỏ)

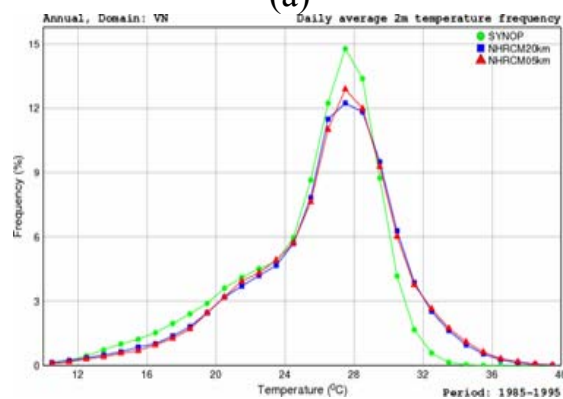
Trên Hình 3.21 là tần suất nhiệt độ T2m trung bình ngày thời đoạn (1985-1995). Về tổng thể trên khu vực BB cả hai phiên bản NHRCM đều cho tần suất của những T2m < 22 độ C thấp hơn so với thám sát, trong khi tần suất của những T2m > 30 độ C lại cao hơn so với thám sát. Sự khác nhau của phân bố tần suất T2m giữa mô hình và thám sát lớn nhất ở gần 29 độ C. Đối với NB cả hai phiên bản NHRCM đều cho phân bố tần suất T2m khá phù hợp với thám sát: tần suất cực đại nằm quanh 27 độ C, nơi có tần suất 27% của thám sát, 29% của NHRCM05 và 24% của NHRCM20. Trung bình trên toàn lãnh thổ VN đối với những nhiệt độ T2m trong khoảng (30-37) độ C tần suất nhiệt độ T2m mô phỏng của hai mô hình cao hơn thám sát. Điều đó cũng có nghĩa mô hình cho mô phỏng T2m ở vùng phổ nhiệt độ cao (30-37) độ C nhiều hơn so với thám sát.



(a)



(b)



(c)

Hình 3.21 Tần suất (%) T2m trung bình ngày thời đoạn (1985-1995). Trục tung – Tần suất, Trục hoành – T2m: (a) Bắc Bộ, (b) Nam Bộ và (c) toàn VN. Ký hiệu giống như trên Hình 3.20

Tóm lại, về tổng thể trên toàn lãnh thổ VN chất lượng mô phỏng T2m của hai phiên bản NHRCM20 và NHRCM05 gần tương đương. Ngoài ra, từ những phân tích kết quả mô phỏng trên đây có thể kết luận rằng mô hình khí hậu khu vực NHRCM thích hợp cho mô phỏng chế độ nhiệt trên khu vực VN-BĐ và đặc biệt cần sử dụng đối với khu vực NB.

### 3.3.2 Phân tích kết quả mô phỏng xoáy thuận nhiệt đới (TC) trên Biển Đông

Trên Hình 3.22 là số những quỹ đạo của TC (bão và áp thấp nhiệt đới-ATNĐ) mà NHRCM05 mô phỏng được (bên phải) trong thời đoạn (1985-1995) trên khu vực nghiên cứu cho bốn tháng điển hình và Best track tương ứng (bên trái) lấy từ tập số liệu của JMA (Cơ quan Khí tượng Nhật Bản). Bảng 3.2 tóm tắt tổng số TC tương ứng với Hình 3.22.

Từ đây ta thấy vào thời kỳ này NHRCM05 mô phỏng được nhiều hơn tổng số TC so với best track, đặc biệt rất nhiều hơn vào hai tháng 8 và 9 (29

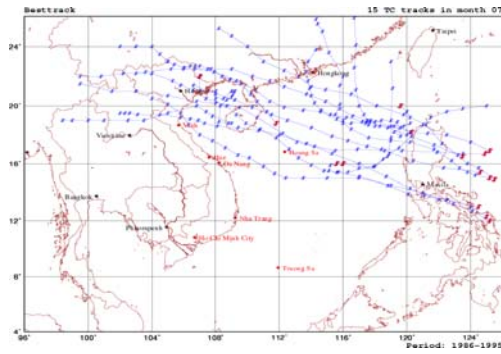
TC so với 12 best track vào tháng 8 và 26 TC so với 11 best track vào tháng 9). Số những TC nhiều hơn đó thường là những ATNĐ hoặc là những xoáy nhỏ yếu xuất hiện trên Biển Đông. Chúng là những hoàn lưu quy mô vừa và nhỏ trong khu vực chỉ có thể được phát hiện trong mô hình phân giải cao (như NHRCM05) nhưng không được phát hiện được trong các mô hình phân giải thô hơn hay mô hình toàn cầu.

*Bảng 3.2 Tổng số TC mô phỏng bởi NHRCM05 và best track từ tháng 7-10 của thời đoạn (1985-1995)*

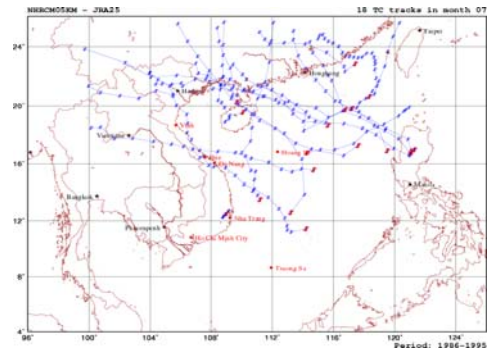
<b>Tháng</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
JMA-Best track	15	12	11	20
NHRCM05	18	29	26	28

Tần suất (%) cường độ TC (đo bằng tốc độ gió cực đại) hoạt động trên khu vực này trong thời đoạn (1985-1995) mô phỏng được của NHRCM05, NHRCM20 và thám sát được biểu diễn trên Hình 3.23.

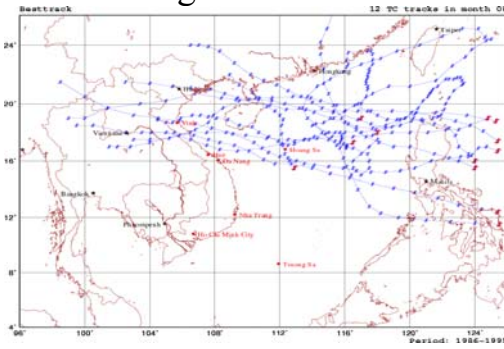




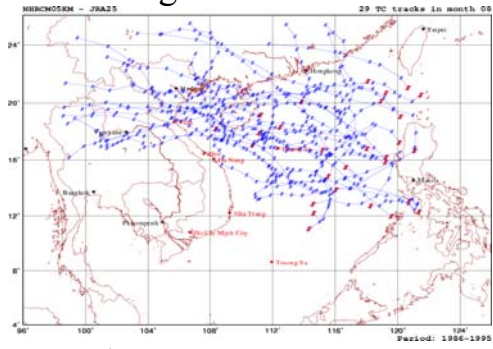
Tháng 7 – Best track



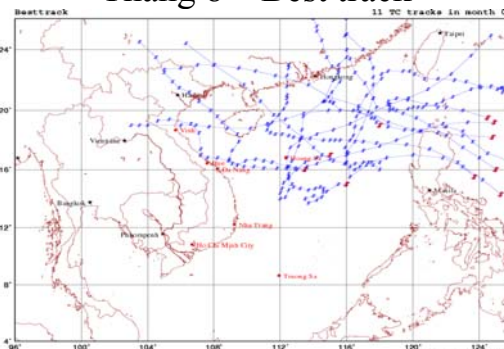
Tháng 7 – NHRCM05



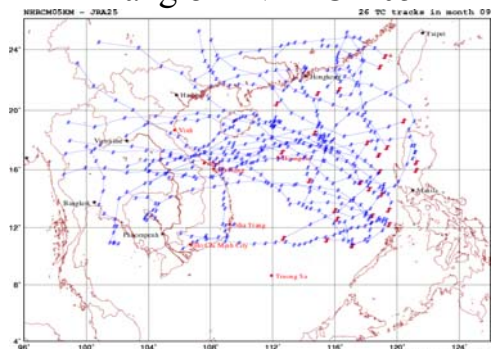
Tháng 8 – Best track



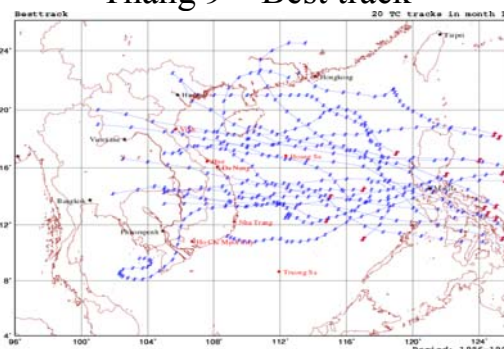
Tháng 8 – NHRCM05



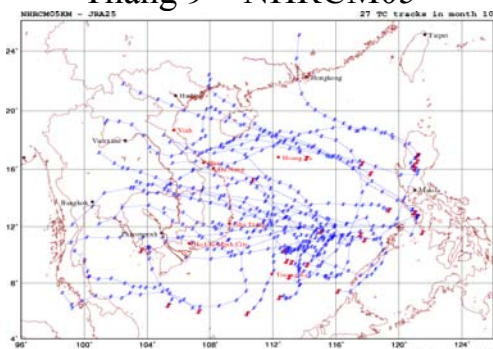
Tháng 9 – Best track



Tháng 9 – NHRCM05



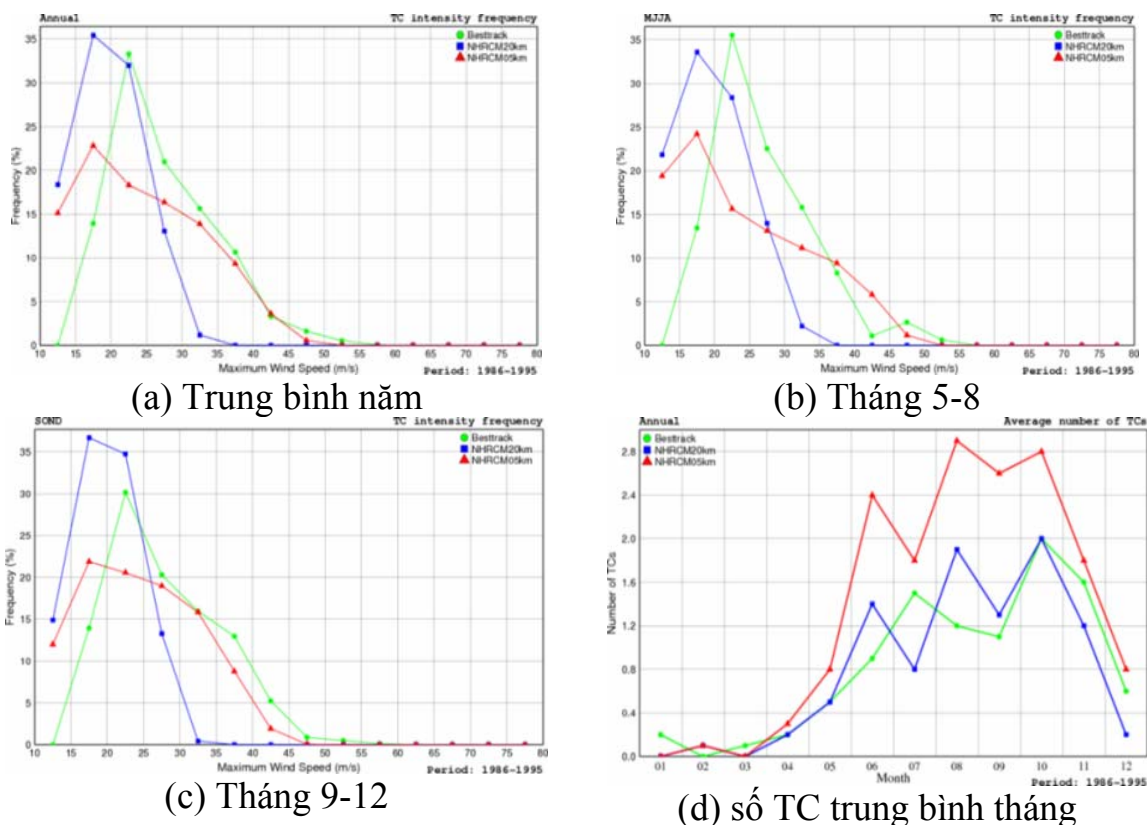
Tháng 10 – Best track



Tháng 10 – NHRCM05

Hình 3.22 Tập hợp những quỹ đạo của TC mô phỏng được của NHRCM05 (phải) và best track theo JMA (trái) trong mùa bão từ tháng 7 đến tháng 10 của thời đoạn (1985-1995).

Theo trung bình năm (Hình 3.23a) NHRCM20 chỉ mô phỏng được bão có cường độ gió cực đại từ 15 m/s đến 37 m/s với tần suất cao nhất của cường độ ở quanh 17m/s và nhìn chung là yếu hơn so với Best track. Trong khi đó NHRCM05 lại có thể mô phỏng được cả những TC có cường độ rất mạnh với tốc độ gió cực đại cỡ 38 m/s đến 47 m/s và khá gần với cường độ của Best track.



Hình 3.23 Tần suất cường độ TC (%) cho từng mùa thời đoạn (1985-1995). Trục tung-tần suất (%), trục hoành-tốc độ gió cực đại (m/s). Ký hiệu giống như trên Hình 3.20.

Nhìn chung theo trung bình mùa NHRCM20 mô phỏng được nhiều hơn những TC yếu và ít hơn những TC mạnh, ngược lại NHRCM05 lại mô phỏng được nhiều hơn những TC mạnh và ít hơn những TC yếu (đường cong của NHRCM05 lệch phải so với đường cong của NHRCM20) và gần với Best track. Về mùa hè có khi NHRCM05 còn mô phỏng được cả những TC mạnh hơn best track (Hình 3.23b).

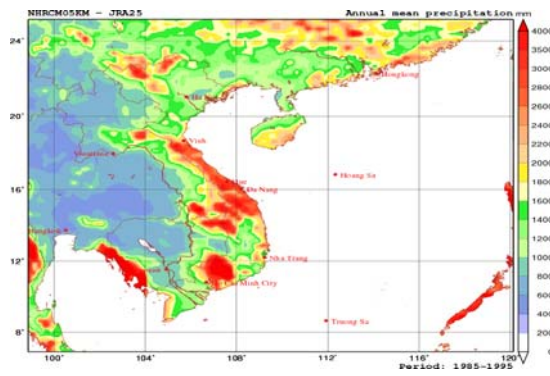


Diễn biến của số TC trung bình năm thời đoạn (1985-1995) mô phỏng của hai phiên bản này và Best track trên Hình 3.23d cho thấy NHRCM20 cho kết quả mô phỏng số cơn bão khác với thám sát nhưng không hệ thống: cao hơn best track vào tháng 6 và 8 nhưng lại thấp hơn best track vào tháng 7. Trong khi đó NHRCM05 luôn mô phỏng được nhiều TC hơn so với best track và gần như hệ thống, loại trừ tháng 3.

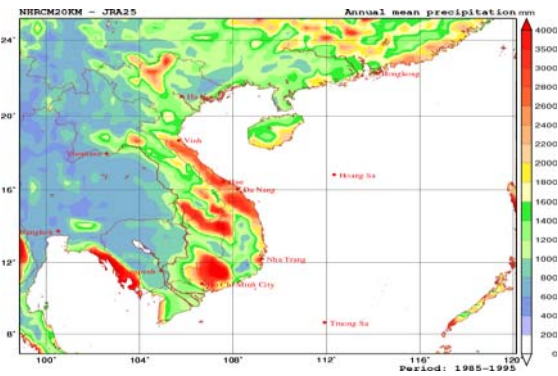
*Những kết quả trên đây cho thấy với phân giải cao hơn NHRCM05 mô phỏng được cường độ TC mạnh hơn so với NHRCM20, nghĩa là gần với thực hơn; với phân giải cao hơn NHRCM05 có thể tái sinh được nhiều những ATNĐ và xoáy nhỏ xuất hiện trên BĐ mà không có trong tập số liệu Best track.*

### **3.3.3 Phân tích kết quả mô phỏng mưa**

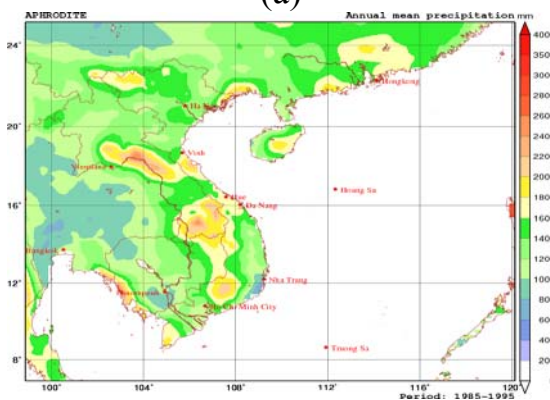
Lượng mưa trung bình năm (mm) mô phỏng của NHRCM05, NHRCM20 và tái phân tích APHRODITE cho trên Hình 3.24. Từ đây ta thấy, NHRCM05 cho cường độ mưa cao hơn và với các trung tâm mưa lớn trên lãnh thổ VN rõ hơn (như Bắc Quang và Mường Tè ở Tây Bắc, Móng Cái, ven biển Miền Trung, Bảo Lộc-Lâm Đồng ở phía nam Tây Nguyên và Cà Mau ở Nam Bộ) so với NHRCM20 và so với tái phân tích APHRODITE. Kết quả đánh giá trong mục 3.2.3 đã khẳng định mưa tái phân tích APHRODITE thấp hơn mưa thám sát. Điều đó có nghĩa lượng mưa mô phỏng của NHRCM05 gần với mưa thám sát hơn so với của NHRCM20. Vị trí của các trung tâm mưa TB năm của NHRCM05 khá phù hợp với tái phân tích mưa APHRODITE.



(a)



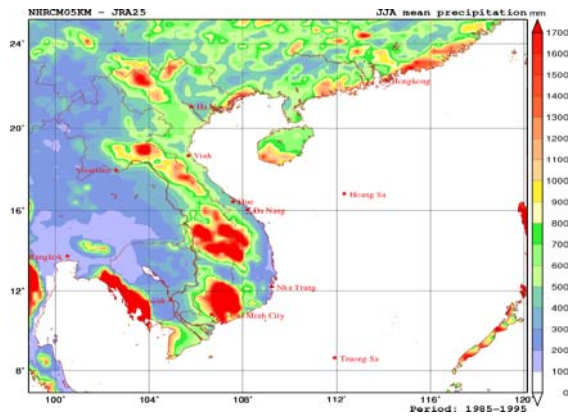
(b)



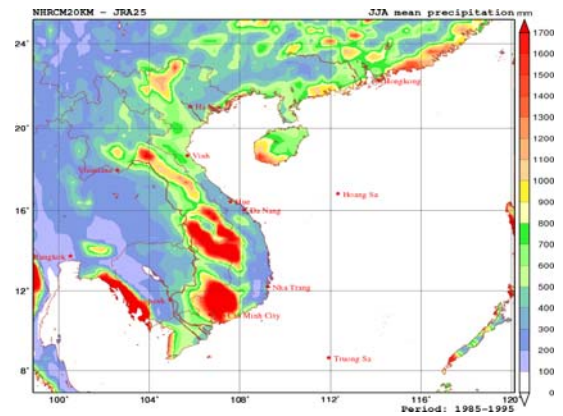
(c)

Hình 3.24 Tổng lượng mưa trung bình năm (mm) thời kỳ (1985-1995) của: (a) NHRCM05, (b) NHRCM20 và (c) Tái phân tích APHRODITE

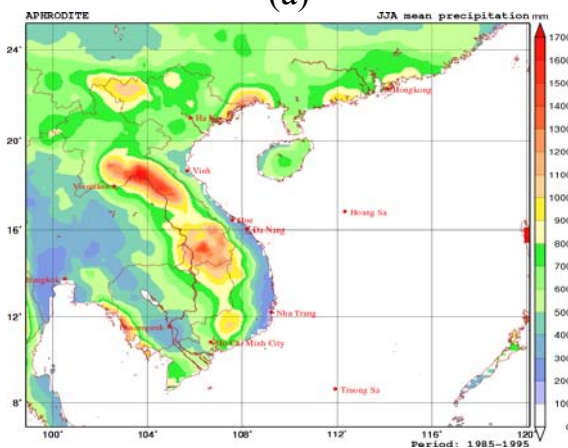
Trên Hình 3.25 cho ta lượng mưa trung bình (mm) ba tháng 6-8 thời đoạn (1985-1995). Giống như đối với lượng mưa TB năm, ở đây NHRCM05 cũng cho mô phỏng mưa tốt hơn NHRCM20 cả về lượng mưa và vị trí các trung tâm mưa trên lãnh thổ VN và gần với tái phân tích APHRODITE hơn, với các trung tâm mưa lớn tập trung phía tây Trường Sơn vào mùa hè, Tây Nguyên và Nam Bộ. Đặc điểm quan trọng là phân bố vị trí các trung tâm mưa lớn mô phỏng được của NHRCM05 (Hình 3.25a) và của NHRCM20 (Hình 3.25b) khá phù hợp với tái phân tích APHRODITE, trong đó cường độ mưa của NHRCM05 mạnh hơn so với của NHRCM20 và tái phân tích.



(a)



(b)



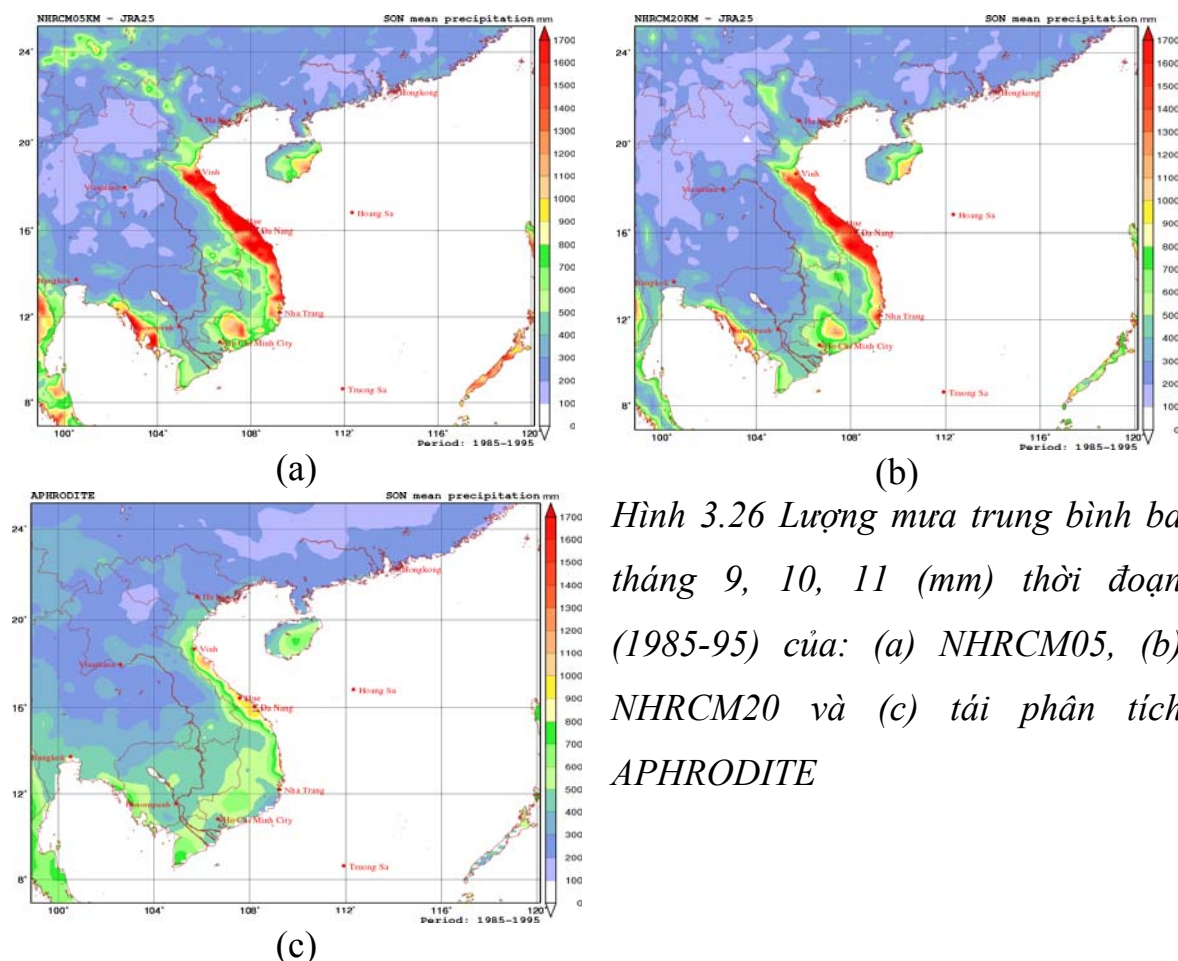
(c)

Hình 3.25 Lượng mưa trung bình ba tháng 6, 7, 8 (mm) thời đoạn (1985-1995) của: (a) NHRCM05, (b) NHRCM20 và (c) tái phân tích APHRODITE

Trên Hình 3.26 là kết quả mô phỏng lượng mưa TB, giống như Hình 3.25, nhưng cho ba tháng 9, 10, 11. Điểm nổi bật ở đây là vào 3 tháng này mưa lớn tập trung trên vùng ven biển Miền Trung và mạnh hơn nhiều so với tái phân tích.

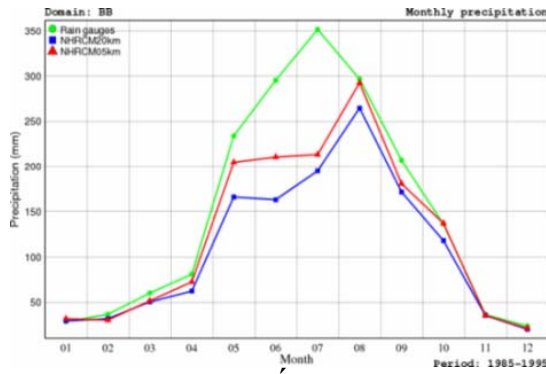
Phân bố lượng mưa trung bình tháng (mm) thời đoạn (1985-1995) cho từng khu vực mô phỏng được của NHRCM05, NHRCM20 và thám sát được thể hiện trên Hình 3.27. Nhận xét chung từ Hình 3.27 là vào các tháng đông (11 đến 3) mưa mô hình gần trùng với mưa thám sát trên cả bốn khu vực và trên toàn VN. Sự khác nhau về lượng mưa giữa mô hình và thám sát thể hiện trong các tháng mùa mưa (tháng 4 đến 10). Trên khu vực BB, NHRCM05 cho mưa thấp hơn mưa thám sát nhưng vẫn cao hơn mưa của NHRCM20 với cực đại mưa thám sát vào tháng 7, nhưng cực đại mưa mô hình lại vào tháng 8. Đối với BTB và NTB lượng mưa của cả hai phiên bản NHRCM (05 và 20)

khá phù hợp với mưa thám sát trong gần suốt mùa mưa với cực đại mưa vào tháng 10 trùng với thám sát. Riêng đối với Nam Bộ NHRCM05 cho mô phỏng mưa lớn hơn mưa của NHRCM20 và mưa thám sát từ tháng 5 đến tháng 9 với cực đại mưa vào 2 tháng 7 và 8.

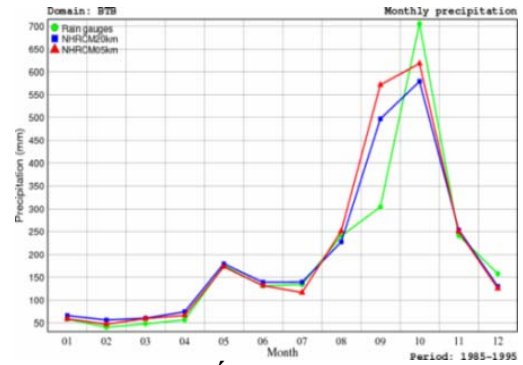


Hình 3.26 Lượng mưa trung bình ba tháng 9, 10, 11 (mm) thời đoạn (1985-95) của: (a) NHRCM05, (b) NHRCM20 và (c) tái phân tích APHRODITE

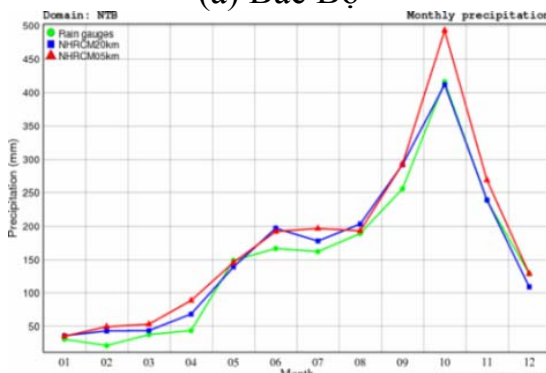
Trung bình trên toàn lãnh thổ VN (Hình 3.27c) mưa của NHRCM05 gần trùng với mưa thám sát trong hầu hết các tháng loại trừ tháng 8 hơi thấp hơn thám sát nhưng lại cao hơn thám sát vào hai tháng 9 và 10 với cực trị vào tháng 10, trong khi mưa của NHRCM20 gần như luôn thấp hơn thám sát.



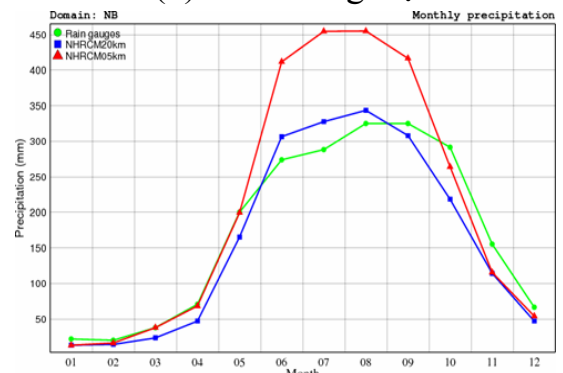
(a) Bắc Bộ



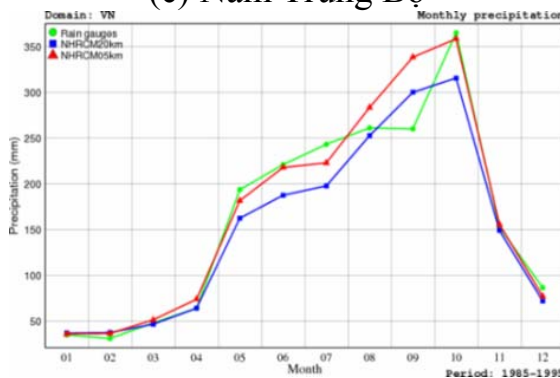
(b) Bắc Trung Bộ



(c) Nam Trung Bộ



(d) Nam Bộ



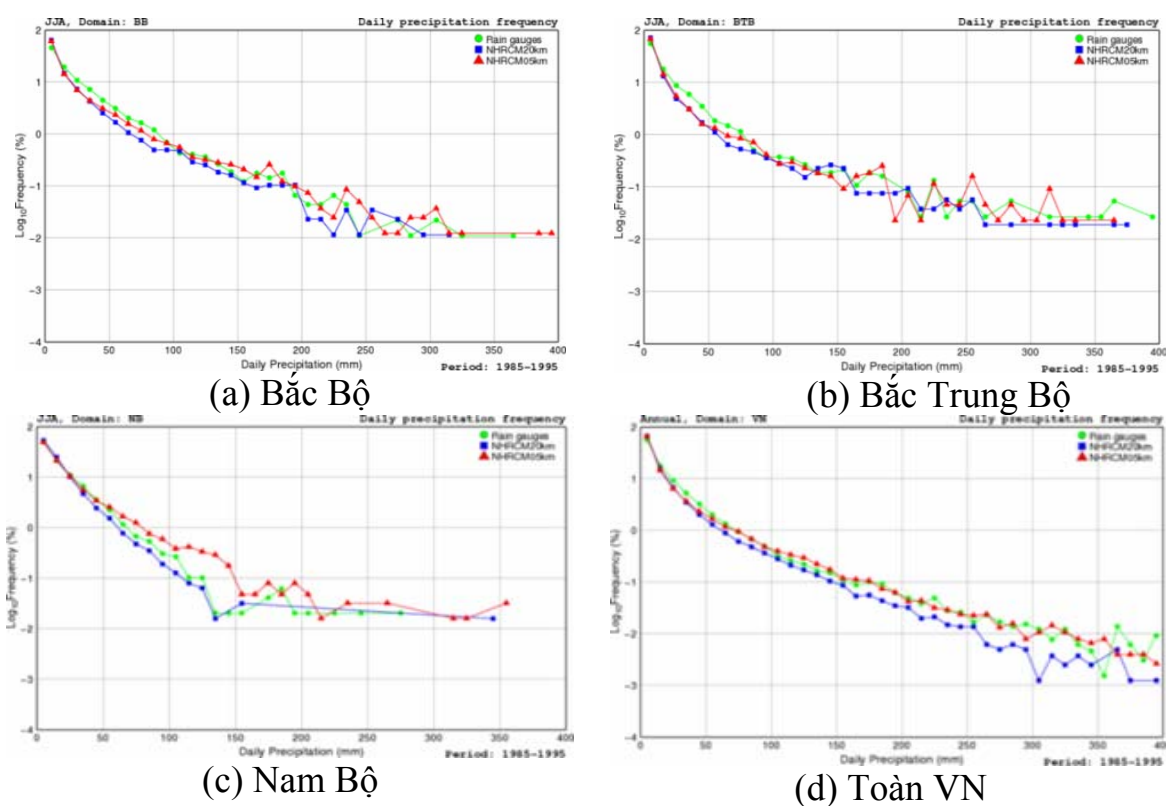
(e) Toàn Việt Nam

Hình 3.27 Diễn biến tổng lượng mưa TB tháng (mm) thời đoạn (1985-1995) cho các khu vực và toàn VN. Ký hiệu giống như trên Hình 3.20.

Trên Hình 3.28 là phân bố tần suất mưa ngày trung bình mùa và trung bình năm thời đoạn (1985-1995). Về tổng thể phân bố tần suất mưa ngày của NHRCM05 phù hợp với thám sát hơn so với của NHRCM20. Tuy nhiên đối với mưa lớn và cực lớn thì sự khác nhau trong phân bố tần suất mưa ngày giữa mô hình và thám sát trở nên phức tạp không quy luật. Ví dụ về mùa hè (6-8) ở BB, BTB (Hình 3.28 a và b) đối với lượng mưa ngày < 150mm thì tần suất mưa của cả hai phiên bản bắt thủy tĩnh này đều gần với thám sát, trong đó tần suất mưa ngày của NHRCM05 vẫn thể hiện tốt hơn, nhưng đối với mưa > 150mm thì sự khác nhau giữa mô hình và thám sát trở nên không quy



luật. Đối với NB với ngưỡng mưa ngày từ 100mm đến 200mm có sự khác nhau lớn của tần suất mưa giữa NHRCM05 với NHRCM20 và thám sát (Hình 3.28c). Tuy vậy nếu tính trung bình năm trên toàn VN thì tần suất mưa ngày trung bình của NHRCM05 khá trùng với thám sát cho đến ngưỡng mưa ngày gần với 350mm (Hình 3.28d) trong khi giá trị tương ứng của NHRCM20 thấp hơn thám sát. Tuy nhiên đánh giá mưa mô hình bất thủy tĩnh phân giải cao như NHRCM05 trên lãnh thổ có địa hình phức tạp như VN cần có số liệu mưa trên lưới dày đặc hơn so với lưới thám sát synop.



Hình 3.28 Tần suất lượng mưa ngày trung bình mùa hè (6-8) và trung bình năm thời đoạn (1985-1995) cho các khu vực và toàn VN. Trục tung- $\log_{10}$  của tần suất, trục hoành-lượng mưa ngày (mm). Ký hiệu giống như trên Hình 3.20.

Từ phân tích kết quả của thử nghiệm T2 có thể kết luận là NHRCM05 cho mô phỏng khí hậu trên vùng VN-BĐ về tổng thể tốt hơn so với NHRCM20, loại trừ mưa đối với khu vực NB NHRCM20 cho kết quả gần với

quan trắc hơn và đối với T2m thì hai phiên bản này của NHRCM cho kết quả mô phỏng tương đương. Đề tài BDKH-01 sẽ sử dụng cả hai phiên bản này để chạy dự tính khí hậu trên khu vực VN-BĐ cho tương lai gần (2015-2039).

### **3.4 Kết luận và lựa chọn mô hình sử dụng cho dự tính khí hậu và xây dựng kịch bản ECE do BDKH cho khu vực VN-BĐ**

a) Từ so sánh đánh giá sản phẩm mô phỏng của hai mô hình thủy tĩnh RegCM20 và mô hình bất thủy tĩnh NHRCM20 (thử nghiệm T1) suy ra kết luận:

Đối với T2m: Về tổng thể RegCM20 cho mô phỏng T2m quá thiên thấp trong lúc NHRCM20 cho mô phỏng T2m hơi thiên cao. Vào các tháng mùa hè (tháng 3-8, Hình 3.2b và 3.2c) mô hình RegCM20 cho mô phỏng T2m tốt hơn trong khi vào các tháng mùa đông (tháng 9-2, Hình 3.2d và 3.2e) thì mô hình NHRCM20 lại cho mô phỏng T2m tốt hơn. Với ngưỡng nhiệt độ dưới 20 độ C mô phỏng của RegCM20 thấp hơn hẳn so với quan trắc đối với cả hai mùa. Càng đi về phía nam VN (vĩ độ càng thấp hơn) chất lượng mô phỏng T2m của NHRCM20 càng cao hơn so với RegCM20. Riêng trên khu vực Nam Bộ (Hình 3.8) mô phỏng phân bố tần suất trung bình ngày cho toàn năm T2m của NHRCM20 tốt hơn hẳn so với mô phỏng của RegCM20 một cách hệ thống cho cả mùa đông và mùa hè. Những kết quả này khẳng định rằng mô hình thủy tĩnh RegCM20 bộc lộ rõ yếu điểm đối với vùng nhiệt đới cận xích đạo. Đối với TB và NB cần sử dụng mô hình bất thủy tĩnh.

Đối với bão (TC): Nhìn chung NHRCM20 mô phỏng được cường độ TC mạnh hơn so với RegCM20, nhưng cả hai mô hình đều cho cường độ bão yếu hơn so với thám sát. Trên trung bình năm số TC mô phỏng được của NHRCM20 gần với thám sát hơn nhiều so với của RegCM20. Vào các tháng 5 đến 10 số TC mô phỏng được của NHRCM20 còn cao hơn so với best track vì NHRCM20 phát hiện được cả những áp thấp nhiệt đới xuất hiện trên Biển Đông mà không có trong tập số liệu best track.

Đối với mưa: RegCM20 gần như không phát hiện được các trung tâm mưa lớn trên lãnh thổ VN trong lúc NHRCM20 cho mô phỏng mưa cao hơn tái phân tích nghĩa là gần với thực hơn, và đặc biệt NHRCM20 tái sinh khá tốt các trung tâm mưa lớn theo mùa trên lãnh thổ VN, điển hình là vào ba tháng 6, 7, 8 NHRCM20 mô phỏng khá tốt hai trung tâm mưa lớn ở vùng Tây Bắc là Mường Tè và Bắc Quang cũng như trung tâm mưa lớn Lâm Đồng phía nam Tây Nguyên và trung tâm mưa lớn trên vùng Cà Mau.

Kết luận chung từ T1: NHRCM20 cho mô phỏng khí hậu trên khu vực VN-BĐ tốt hơn hẳn RegCM20, đặc biệt đối với khu vực Trung Bộ và Nam Bộ.

b) Từ so sánh đánh giá sản phẩm mô phỏng khí hậu khu vực VN-BĐ của hai phiên bản bất thủy tĩnh NHRCM20 và NHRCM05 (thử nghiệm T2) suy ra kết luận:

Đối với T2m: Đối với BB cả hai phiên bản NHRCM20 và NHRCM05 đều mô phỏng thiên cao T2m từ tháng 1 đến tháng 8 nhưng khá phù hợp với thám sát từ tháng 9 đến tháng 12. Đối với NB mô phỏng T2m của cả hai phiên bản này gần với thực hơn nhưng vẫn hơi thiên cao từ tháng 1 đến tháng 4. Trung bình trên toàn lãnh thổ VN chất lượng mô phỏng T2m của hai phiên bản NHRCM20 và NHRCM05 gần tương đương. Kết luận suy ra từ mô phỏng T2m là đối với NB cần sử dụng mô hình bất thủy tĩnh và sự khác nhau giữa NHRCM20 và NHRCM05 là không lớn.

Đối với bão: Với phân giải cao hơn NHRCM05 mô phỏng được cường độ TC mạnh hơn so với NHRCM20, nghĩa là gần với thực hơn; với phân giải cao hơn NHRCM05 có thể tái sinh được cả những ATNĐ và xoáy nhỏ xuất hiện trên BĐ mà không có trong tập số liệu best track của JMA.

Đối với mưa: Đối với BTB và NTB mưa của cả hai phiên bản NHRCM (05 và 20) khá phù hợp với mưa thám sát trong gần suốt mùa mưa với cực đại mưa vào tháng 10. Riêng đối với Nam Bộ NHRCM05 cho mô phỏng mưa lớn



hơn mưa của NHRCM20 và mưa thám sát từ tháng 5 đến 9 với cực đại mưa vào hai tháng 7 và 8. Trên toàn lãnh thổ VN mưa của NHRCM05 gần trùng với mưa thám sát trong hầu hết các tháng loại trừ tháng 8 hơi thấp hơn thám sát nhưng lại hơi cao hơn thám sát vào hai tháng 9 và 10 với cực trị vào tháng 10, trong khi mưa của NHRCM20 gần như luôn thấp hơn thám sát. Về tổng thể mô phỏng mưa của NHRCM05 gần với mưa thám sát hơn so với mưa của NHRCM20. Vị trí của các trung tâm mưa của NHRCM05 phù hợp hơn với tái phân tích APHRODITE. Tần suất phân bố mưa của NHRCM05 phù hợp với thám sát hơn so với của NHRCM20.

### ***Kết luận chung***

- NHRCM20 tái sinh khí hậu hiện tại (Nhiệt độ T2m, TC và mưa) trên khu vực VN-BĐ tốt hơn nhiều so với RegCM20, nói cách khác mô hình bất thủy tĩnh thích hợp hơn cho mô phỏng khí hậu nhiệt đới, đặc biệt đối với vùng nhiệt đới cận xích đạo như NB.
- NHRCM05 tái sinh khí hậu hiện tại trên khu vực VN-BĐ phù hợp với thám sát hơn so với NHRCM20, đặc biệt là các trung tâm mưa lớn trên lãnh thổ VN. Riêng đối với khu vực NB, nơi mưa sinh ra chủ yếu bởi hoàn lưu quy mô lớn là gió mùa Tây Nam, cần sử dụng mô hình bất thủy tĩnh nhưng không nhất thiết phải phân giải rất cao.

Điều cần lưu ý ở đây là để đánh giá chất lượng mô hình phân giải cao, như NHRCM05 chẳng hạn, đòi hỏi số liệu thám sát phải trên lưới phân giải cao, đặc biệt đối với mưa, trong khi ta lại sử dụng lưới thám sát synop. Điều đó dẫn đến những đánh giá này chưa đủ điều kiện để tin cậy và do đó kết quả đánh giá đối với NHRCM05 bằng so sánh với thám sát mưa chỉ có tính tham khảo.

Từ những kết quả nghiên cứu trên đây của hai thử nghiệm T1 và T2, Đề tài BDKH-01 lựa chọn mô hình khí hậu khu vực bất thủy tĩnh NHRCM

với phương pháp dynamical downscaling cho nghiên cứu dự tính (Projection) khí hậu tương lai gần để thử nghiệm xây dựng kịch bản về ECE sinh ra do BĐKH cho khu vực VN-BĐ trong hai thử nghiệm T3 và T4 sẽ được trình bày trong Chương 4.

## CHƯƠNG 4

### DỰ TÍNH MỘT SỐ HIỆN TƯỢNG KHÍ HẬU CỰC ĐOAN ECE CHO KHU VỰC VN-BĐ TRONG TƯƠNG LAI GẦN (2015-2039). KỊCH BẢN

Mục tiêu cuối cùng đặt ra của Đề tài BĐKH-01 là thử nghiệm xây dựng một số kịch bản về BĐKH nói chung và ECE nói riêng cho khu vực VN-BĐ trong tương lai gần. Sau những đánh giá và kết luận cuối Chương 3 chúng tôi sẽ sử dụng mô hình khí hậu khu vực bất thủy tĩnh NHRCM và phương pháp dynamical downscaling với đầu vào là số liệu từ mô hình toàn cầu AGCM3.2H là HPA cho mô phỏng khí hậu hiện tại từ thời kỳ (1979-2003) và HNA-RCP8.5 cho dự tính khí hậu tương lai gần dựa theo kịch bản RCP8.5 thời kỳ (2015-2039) của Chương trình KAKUSHIN của Nhật - gọi tắt là số liệu KAKUSHIN với độ phân giải (0.5 x 0.5) độ kinh vĩ tương đương (60 x 60) km để dự tính khí hậu tương lai gần trên khu vực VN-BĐ.

*Trong quá trình thực hiện Đề tài đã có cơ hội sử dụng máy tính siêu tốc ngoài nước. Tận dụng cơ hội này Đề tài đã tranh thủ thực hiện nhiều tính toán trên chuỗi số liệu dài 25 năm với phân giải cao, một mặt để những kết quả tính toán của Đề tài có độ tin cậy nhất định và có thể tham khảo cho những nghiên cứu khác cũng như ứng dụng thực tế, mặt khác để những sản phẩm tính toán của mô hình bất thủy tĩnh sử dụng trong Đề tài có thể dùng cho nhiều nghiên cứu cơ bản khác mà chưa thể thực hiện được trên máy tính hiện có ở VN.*

Đề tài đã tiến hành tích phân NHRCM hai lần trên máy nghĩa là thực hiện hai lần dynamical downscaling:

1) NHRCM20 (phân giải 20km, 40 mực) với đầu vào là số liệu KAKUSHIN cho miền tính lớn như trên Hình 1.1 ở Chương 1.

a) cho 25 năm hiện tại (1979-2003) từ tập số liệu HPA

b) cho 25 năm tương lai gần (2015-2039) từ tập số liệu HNA-RCP8.5.

2) NHRCM05 (phân giải 5km, 50 mực) với đầu vào là đầu ra của NHRCM20 ở mực 1) với miền tính nhỏ như trên Hình 1.2 ở Chương 1.

a) cho 10 năm hiện tại (1979-1988) theo mô phỏng NHRCM20

b) cho 10 năm tương lai gần (2030-2039) dự tính của NHRCM20, HNA-RCP8.5.

Kết quả mô phỏng nhận được trên khu vực nghiên cứu theo kịch bản RCP8.5 cho khí hậu hiện tại và tương lai được so sánh với nhau và với thám sát hiện tại và lần lượt trình bày trong Chương 4 này.

*Trong khuôn khổ kinh phí và thời gian thực hiện của của một đề tài, trong hoàn cảnh sử dụng máy tính mạnh không mấy dễ dàng và thuận lợi Đề tài chỉ giới hạn chủ yếu ở những ECE điển hình của nhiệt đới là mưa lớn và hoạt động của xoáy thuận nhiệt đới (TC) và đối với chế độ nhiệt chỉ giới hạn nhiệt độ không khí trên độ cao 2 mét.*

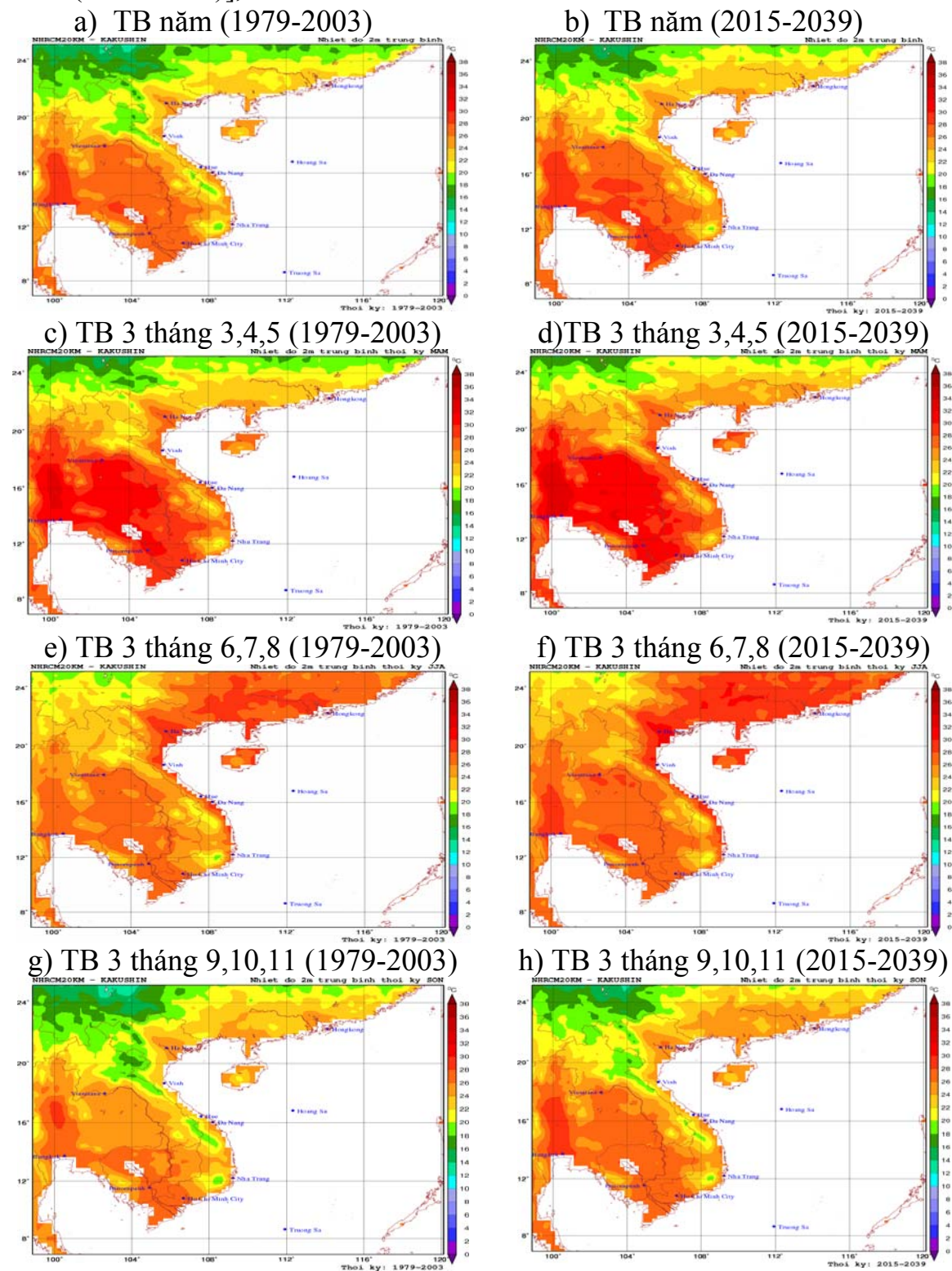
#### **4.1. Phân tích dự tính khí hậu trên khu vực VN-BĐ bằng mô hình NHRCM20 với đầu vào là số liệu KAKUSHIN theo kịch bản RCP8.5 - Thử nghiệm phân giải thô T3**

##### **4.1.1 Phân tích kết quả dự tính nhiệt độ không khí trên độ cao 2m - T2m**

Kết quả mô phỏng T2m trung bình 25 năm của NHRCM20 cho hiện tại (1979-2003) và dự tính cho tương lai gần (2015-2039) dựa theo RCP8.5 được minh họa qua phân bố không gian cũng như đánh giá bằng so với thám sát.

Trên Hình 4.1 là phân bố T2m trung bình theo năm và theo mùa, mô phỏng bởi NHRCM20 cho hiện tại (bên trái) và dự tính cho tương lai gần dựa theo RCP8.5 (bên phải). So sánh từng cặp của phân bố T2m của hiện tại với dự tính tương lai cho trung bình năm (a với b), trung bình 3 tháng xuân (c với d), trung bình ba tháng hè (e với f) và trung bình ba tháng thu (g với h) ta thấy trong tương lai gần T2m luôn tăng so với khí hậu mô phỏng hiện tại, tuy nhiên với mức độ khác nhau cho các khu vực khác nhau. Sự tăng này với mức

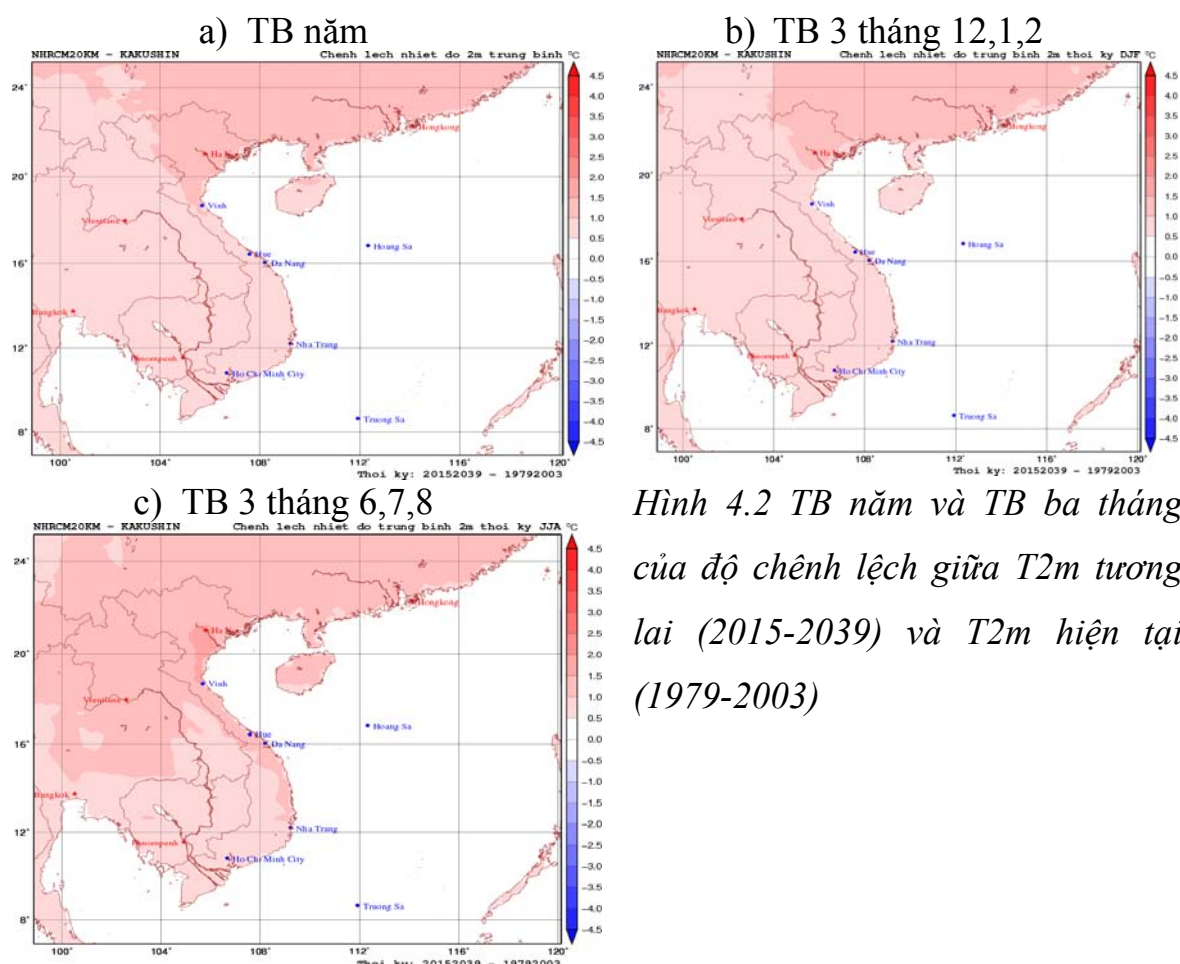
độ khác nhau được thể hiện rõ hơn qua phân bố hiệu số [T2m (2015-2039) – T2m (1979-2003)], biểu diễn trên Hình 4.2.



Hình 4.1 Phân bố T2m TB theo năm và theo mùa của NHRCM20 cho hiện tại (1979-2003) (trái) và cho tương lai gần (2015-2039) dựa theo RCP8.5 (phải).

Phân bố TB năm của hiệu số này (Hình 4.2a) luôn  $> 0.5$  độ C trên toàn lục địa, trong đó trên phần lớn lãnh thổ nam Trung Quốc qua phần lớn BB đến Thanh Hóa, Nghệ An mức độ tăng này  $> 1$  độ C. Về mùa đông (Hình 4.2b) trên toàn lục địa độ tăng T2m vẫn luôn  $> 0.5$  độ C, tuy nhiên vùng có gia tăng T2m  $> 1$  độ C rút co lại về phía đông bắc của Bắc Bộ.

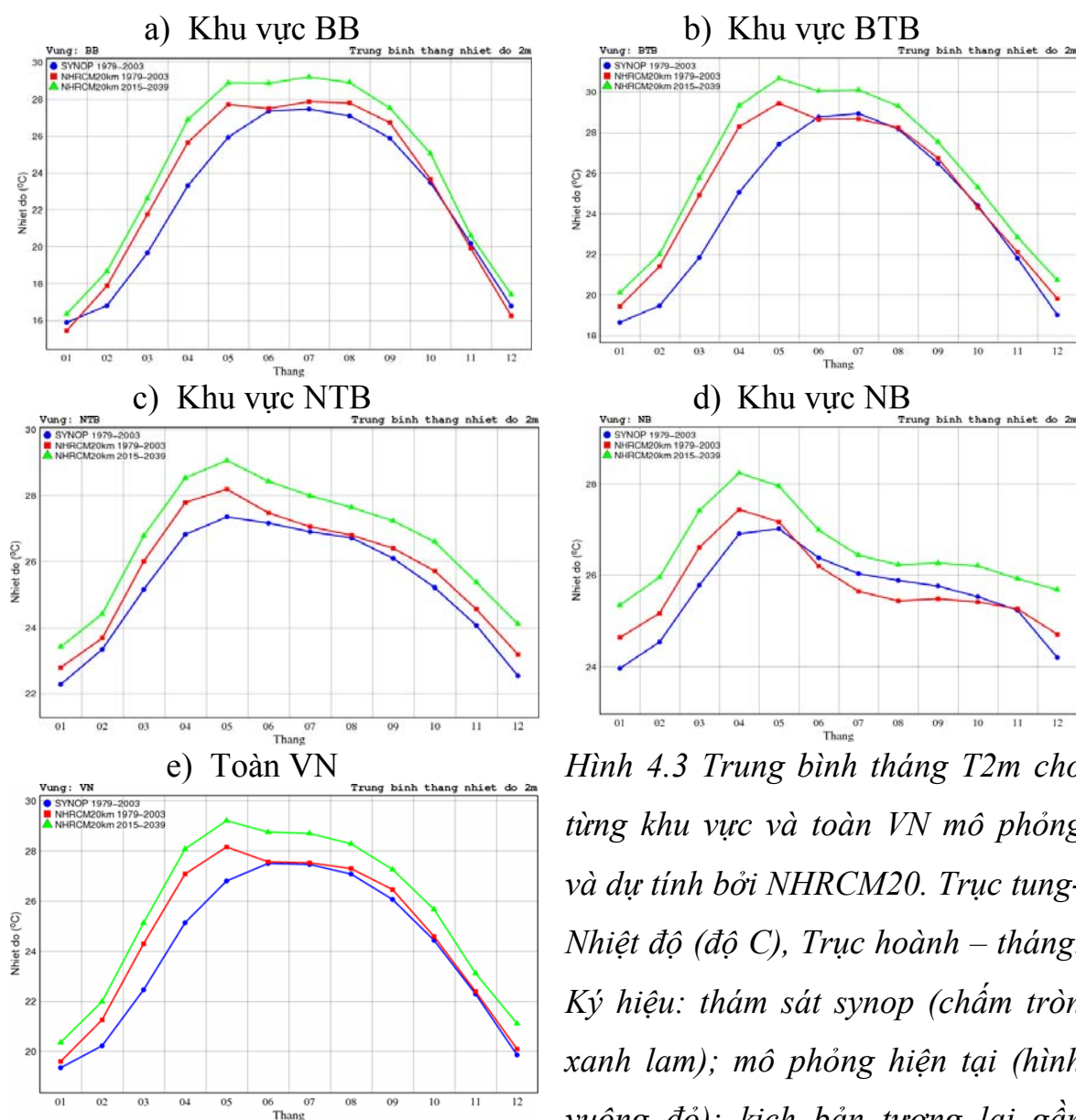
Ngược lại sang mùa hè độ gia tăng của T2m trên khu vực nghiên cứu tăng mạnh rõ rệt (hình 4,2c). Nếu xét riêng trên lãnh thổ VN, trên khu vực NB đến Tây nguyên hiệu số này  $> 0.5$  độ C, toàn lãnh thổ BB trải dài suốt MT hiệu số này  $> 1.0$  độ C và có một vùng đồng bằng ven biển BB với độ gia tăng T2m  $> 1.5$  độ C.



Biểu diễn trên Hình 4.3 cho phép ta đánh giá sự biến đổi T2m trung bình tháng cho từng khu vực của VN theo kịch bản RCP8.5 so với thám sát. Từ đây ta thấy, T2m trong tương lai gần hầu như luôn cao hơn T2m hiện tại



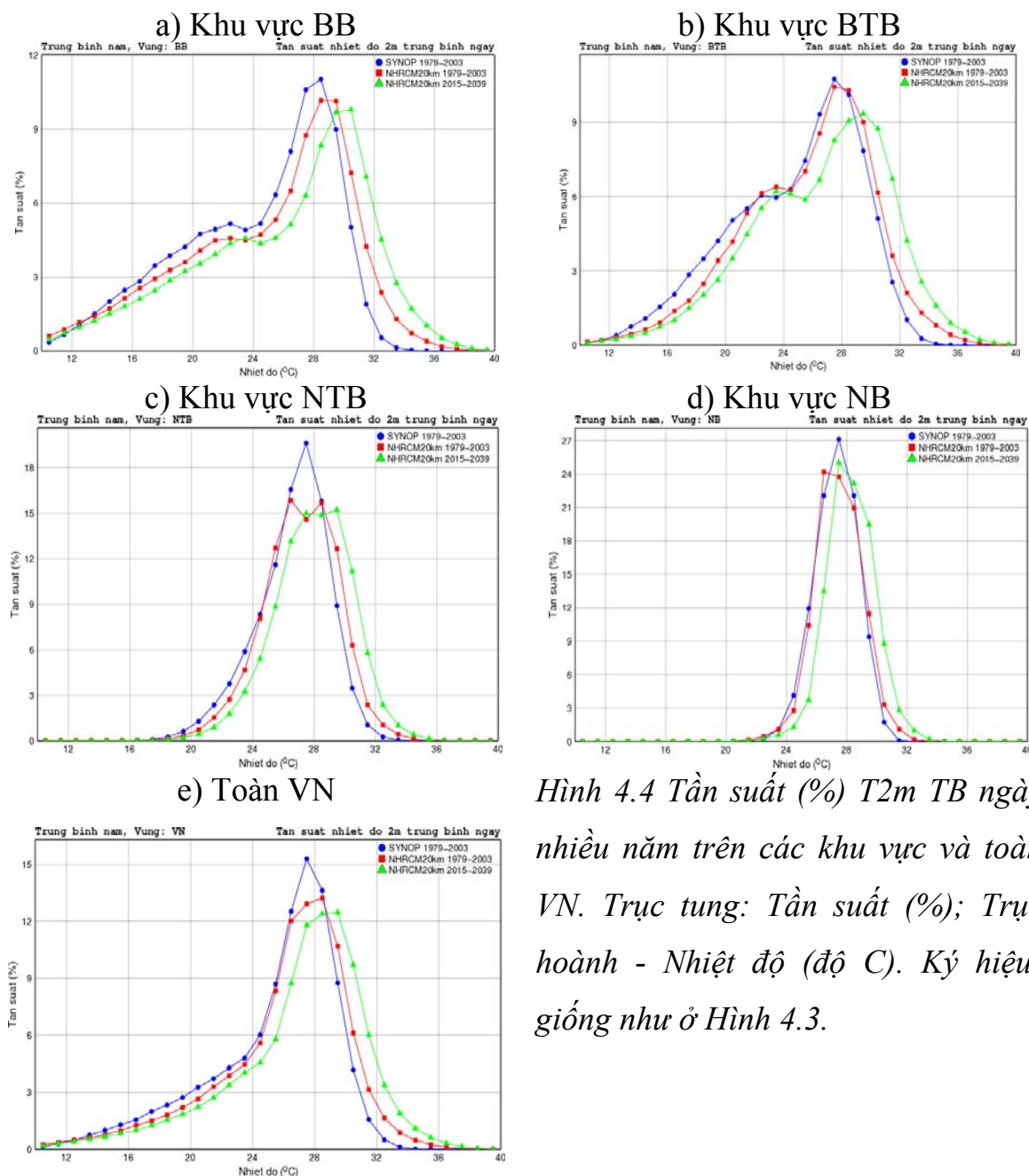
và càng cao hơn thám sát hiện tại trên cả bốn khu vực, loại trừ đối với BTB thì T2m mô phỏng hiện tại gần trùng với thám sát từ tháng 6 đến tháng 11 trong lúc đó ở NB lại thấp hơn thám sát. Kết quả của sự bù trừ này là trung bình trên toàn lãnh thổ VN thì T2m mô phỏng hiện tại gần trùng khít với thám sát từ tháng 6 đến 12 (Hình 4.3e).



Hình 4.3 Trung bình tháng T2m cho từng khu vực và toàn VN mô phỏng và dự tính bởi NHRCM20. Trục tung- Nhiệt độ (độ C), Trục hoành – tháng. Ký hiệu: thám sát synop (chấm tròn xanh lam); mô phỏng hiện tại (hình vuông đỏ); kịch bản tương lai gần dựa theo RCP8.5 (tam giác xanh lục)

Trên Hình 4.4 biểu diễn tần suất (%) của T2m trung bình ngày từng khu vực và cho toàn lãnh thổ VN. Từ đây ta thấy, phổ của tần suất T2m trung

binh ngày dịch dần về phía nhiệt độ cao hơn từ thám sát sang mô phỏng hiện tại và sang kịch bản tương lai. Điều này cho thấy T2m tăng hệ thống trong tương lai. Mức độ chuyển dịch từ hiện tại sang tương lai thể hiện lớn hơn ở phía nhiệt độ cao đối với BB và BTB. Điều đó lần nữa khẳng định rằng, sự nóng lên trên hai khu vực này mạnh hơn so với hai khu vực còn lại.

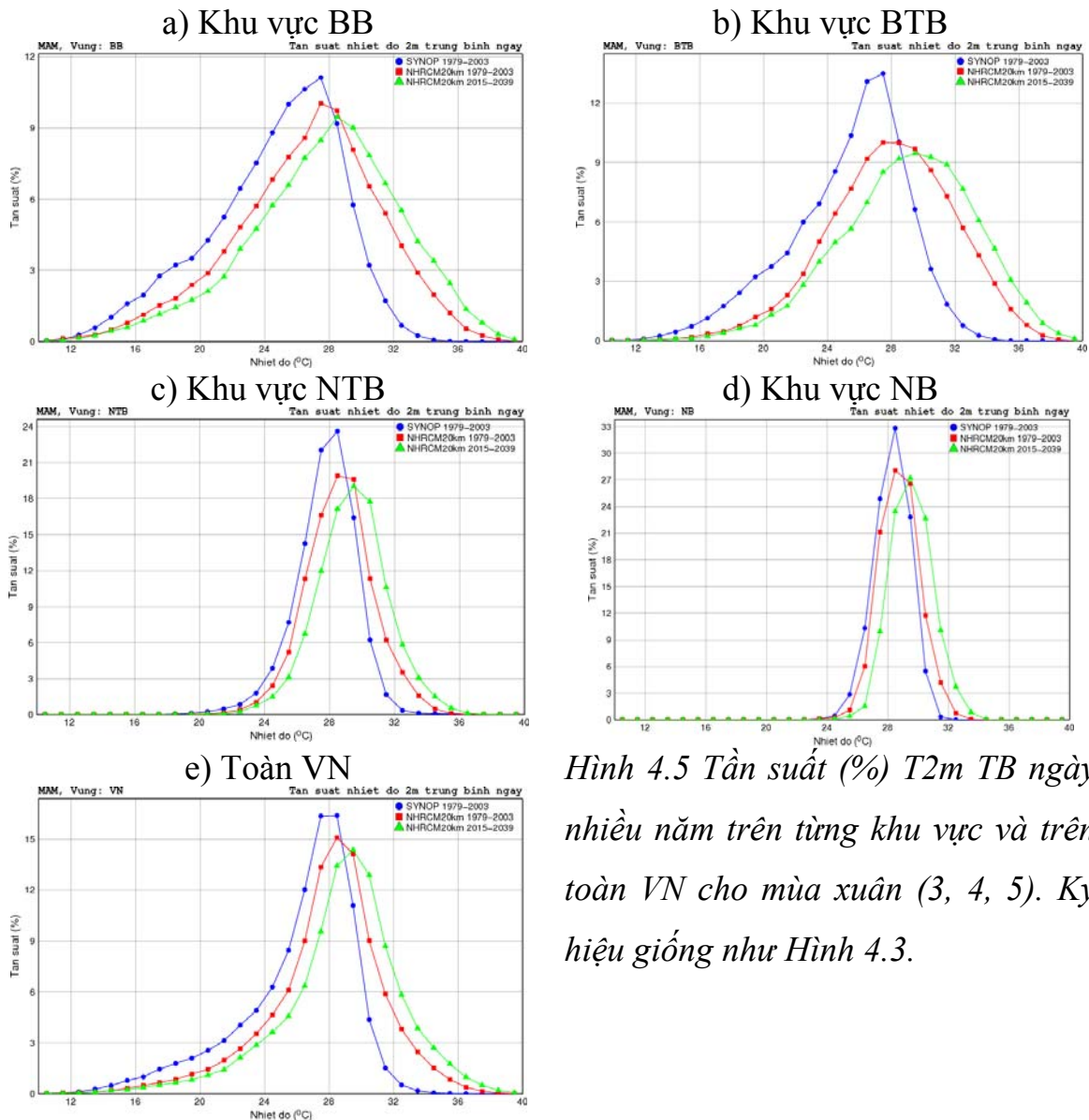


Hình 4.4 Tần suất (%) T2m TB ngày nhiều năm trên các khu vực và toàn VN. Trục tung: Tần suất (%); Trục hoành - Nhiệt độ (độ C). Ký hiệu: giống như ở Hình 4.3.

Như đã nhắc đến trong Chương 2, thông thường nhiệt độ T2m có phân bố chuẩn. Hàm phân bố cho nhiệt độ sẽ được xác định dưới dạng histogram



và đuôi của hàm phân bố nhiệt độ này cung cấp các thông tin liên quan đến các nhân tố ECE như T2m.min và T2m.max. Từ Hình 4.4 ta thấy, theo kịch bản RCP8.5 tần suất của T2m.min giảm trong tương lai (cuối phía trái) trong khi tần suất của T2m.max tăng trong tương lai (cuối phía phải) đối với cả bốn khu vực.



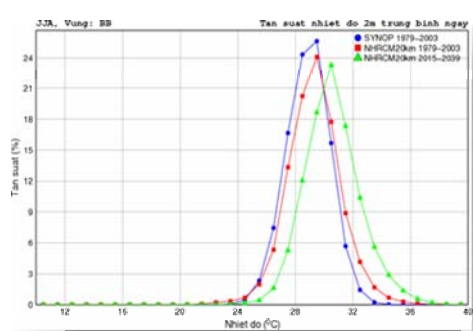
Hình 4.5 Tần suất (%) T2m TB ngày nhiều năm trên từng khu vực và trên toàn VN cho mùa xuân (3, 4, 5). Ký hiệu giống như Hình 4.3.

Tần suất (%) T2m trung bình ngày nhiều năm cho từng khu vực vào mùa xuân (ba tháng 3, 4, 5) cho trên Hình 4.5. Xu thế diễn biến ở đây cũng giống như trường hợp trên, tuy nhiên với mức độ lớn hơn của độ dịch chuyển phổ về phía nhiệt độ cao hơn từ thám sát sang kịch bản hiện tại và sang kịch

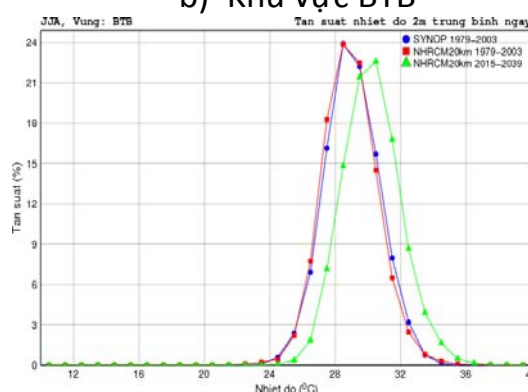
bản tương lai. Điều đó cho thấy về mùa xuân tần suất của T2m.min giảm mạnh hơn và tần suất T2m.max tăng mạnh hơn so với trung bình năm, đặc biệt đối với BTB và BB.

Hình 4.6 biểu diễn tương tự giống như trên Hình 4.5, nhưng trung bình cho ba tháng 6, 7, 8. Xu thế biến đổi của nhiệt độ cực trị ở đây không giống như mùa xuân. Về mùa hè tần suất T2m.min giảm và tần suất T2m.max tăng với mức độ nhẹ hơn so với mùa xuân, đặc biệt đối với BTB và BB.

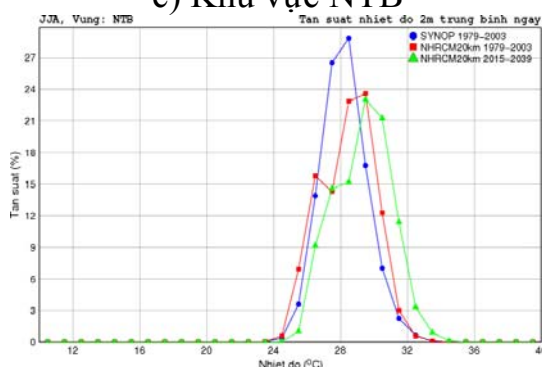
a) Khu vực BB



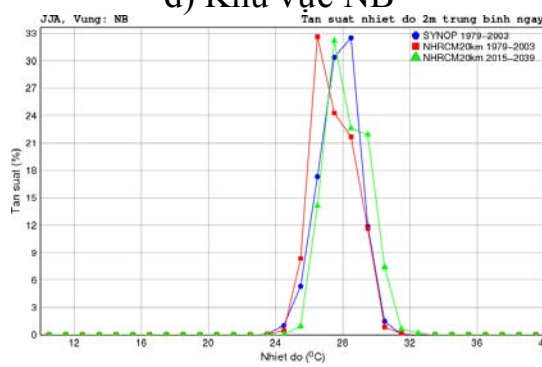
b) Khu vực BTB



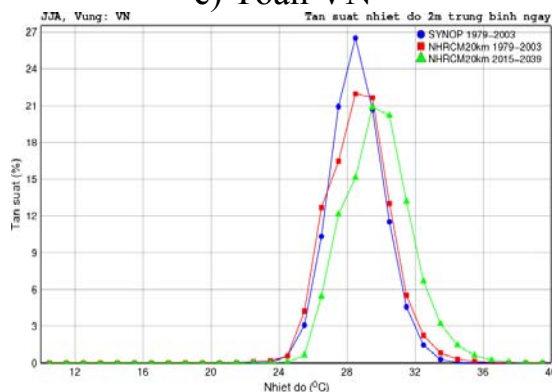
c) Khu vực NTB



d) Khu vực NB



e) Toàn VN



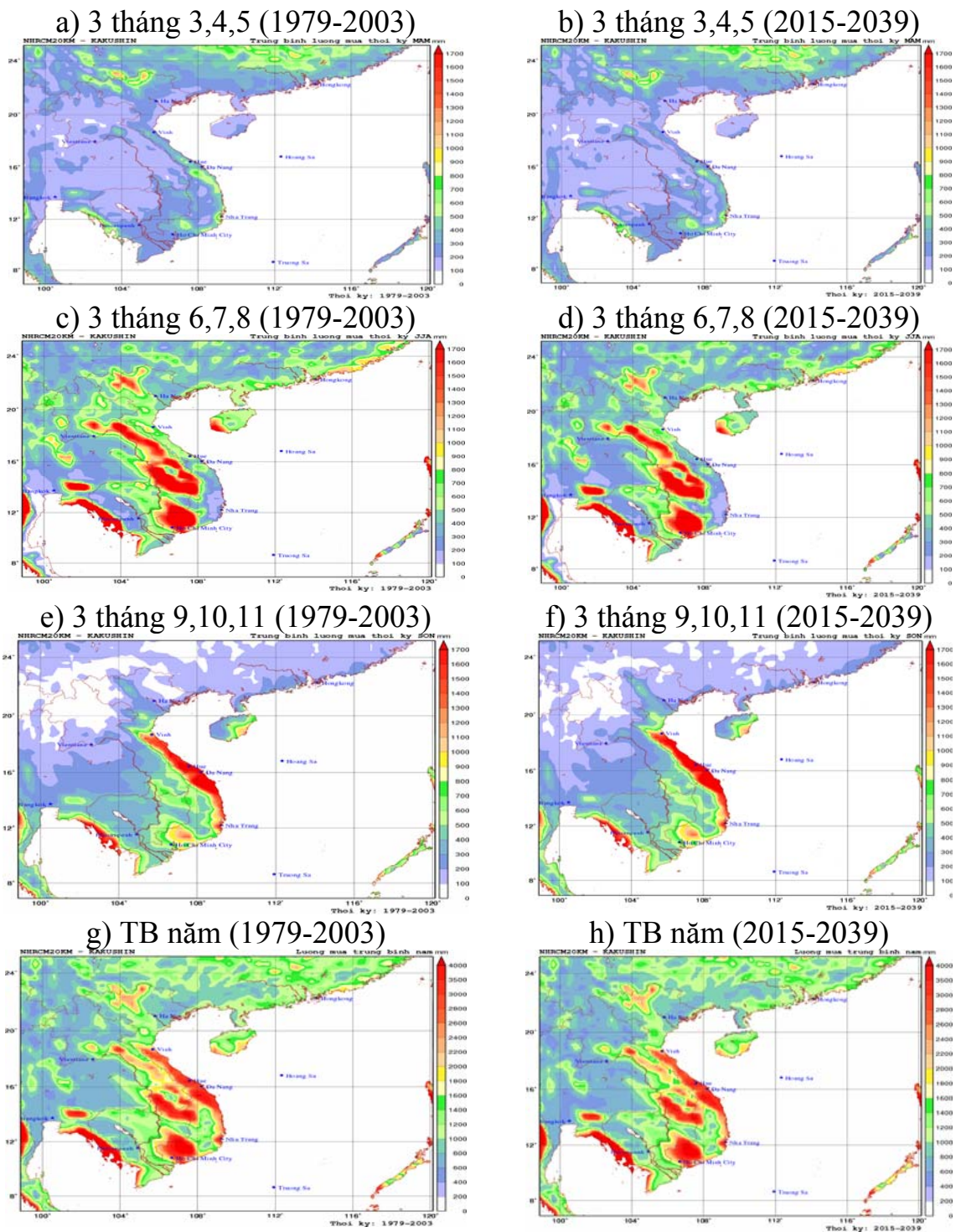
Hình 4.6 Tần suất T2m TB ngày nhiều năm trên từng khu vực và trên toàn VN cho mùa hè (6, 7, 8). Ký hiệu giống như Hình 4.3.

#### ***4.1.2 Phân tích kết quả dự tính lượng mưa***

Kết quả dự tính tổng lượng mưa trung bình tương lai gần (2015-2039) của NHRCM20 dựa theo RCP8.5 được minh họa qua phân bố không gian tổng lượng mưa và đánh giá bằng so sánh với mô phỏng tổng lượng mưa trung bình 25 năm cho hiện tại (1979-2003) của NHRCM20 và với thám sát.

Phân bố tổng lượng mưa trung bình mùa và năm nhận được từ NHRCM20 cho hiện tại và dự tính tương lai được biểu diễn trên Hình 4.7;

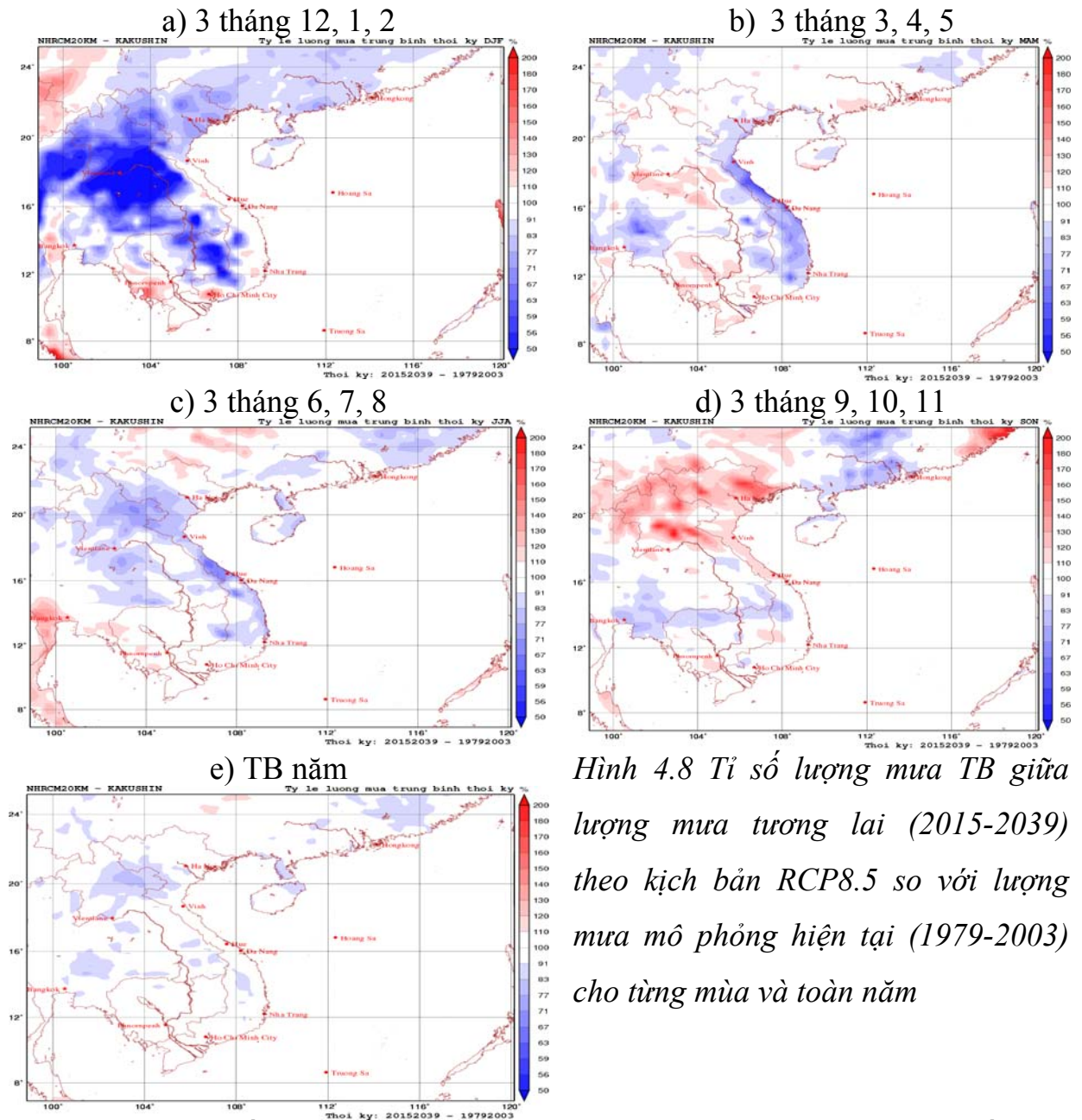
So sánh phân bố tổng lượng mưa TB 3 tháng xuân (3,4,5) của hiện tại (Hình 4.7a) với phân bố tổng lượng mưa TB dự tính tương ứng trong tương lai (Hình 4.7b) cho thấy về mùa xuân tổng lượng mưa trong tương lai giảm trên hầu hết các khu vực của vùng nghiên cứu, thể hiện rõ trên hầu hết lãnh thổ Miền Trung và Tây Nguyên. Trung bình trong mùa hè – mùa mưa (6,7,8), so sánh Hình 4.7c với Hình 4.7d, tổng lượng mưa giảm rõ rệt kéo từ nửa tây nam của BB cho đến suốt giải lục địa MT. Đặc biệt vào mùa thu (9,10,11) tổng lượng mưa TB tăng rõ rệt trên hầu hết lãnh thổ BB kéo dài suốt dải MT (so sánh Hình 4.7e với Hình 4.7f). Trên TB năm (so sánh Hình 4.7g với Hình 4.7h) lượng mưa trung bình trên lãnh thổ VN trong tương lai gần trung bình có thể giảm > 10% và có thể cao hơn ở trên khu vực giữa tây nam BB và Thanh hóa.



Hình 4.7 Phân bố tổng lượng mưa TB năm và TB mùa mô phỏng bởi NHRCM20 cho hiện tại (1979-2003) – bên trái, và dự tính cho tương lai gần (2015-2039) theo RCP8.5 - bên phải.



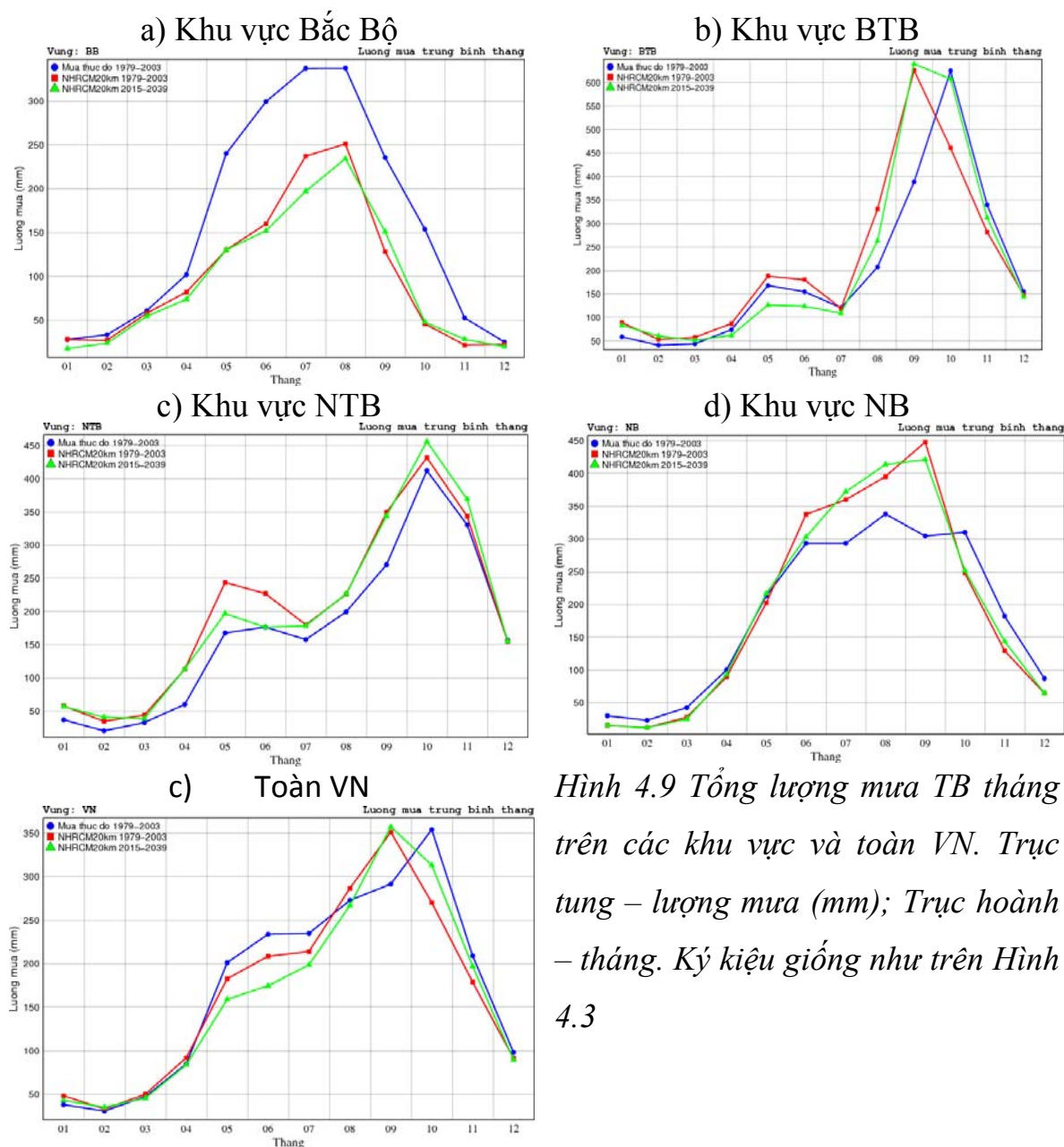
Xu thế diễn biến trên đây thể hiện rõ hơn trên Hình 4.8 - biểu diễn tỉ số lượng mưa trung bình. Đó là tỉ số giữa lượng mưa tương lai so với lượng mưa hiện tại nhận được từ NHRCM20.



Hình 4.8 Tỉ số lượng mưa TB giữa lượng mưa tương lai (2015-2039) theo kịch bản RCP8.5 so với lượng mưa mô phỏng hiện tại (1979-2003) cho từng mùa và toàn năm

So sánh tỉ số lượng mưa trung bình theo các mùa trên hình này ta thấy, về mùa đông (ba tháng 12,1,2) lượng mưa giảm mạnh trên hầu hết lãnh thổ BB, giảm mạnh hơn trên một vùng ở Tây Nguyên (Hình 4.8a). Trung bình mùa xuân mưa giảm rõ rệt suốt giải MT từ Thanh Hóa đến Nha Trang (Hình 4.8b). Trung bình ba tháng mùa hè (6,7,8) lượng mưa giảm sút từ đông nam

BB đến Nha Trang và bắc Tây Nguyên (Hình 4.8c). Đặc biệt trung bình mùa thu lượng mưa tăng mạnh trên hầu hết khu vực BB, tăng nhẹ hơn kéo dài đến Đà Nẵng (Hình 4.8d). Sự tăng và giảm lượng mưa bù trừ nhau, tỉ số lượng mưa trung bình năm (Hình 4.8e) cho thấy lượng mưa tương lai giảm trên BB và TB nhiều hơn so với NB.



Hình 4.9 Tổng lượng mưa TB tháng trên các khu vực và toàn VN. Trục tung – lượng mưa (mm); Trục hoành – tháng. Ký hiệu giống như trên Hình 4.3

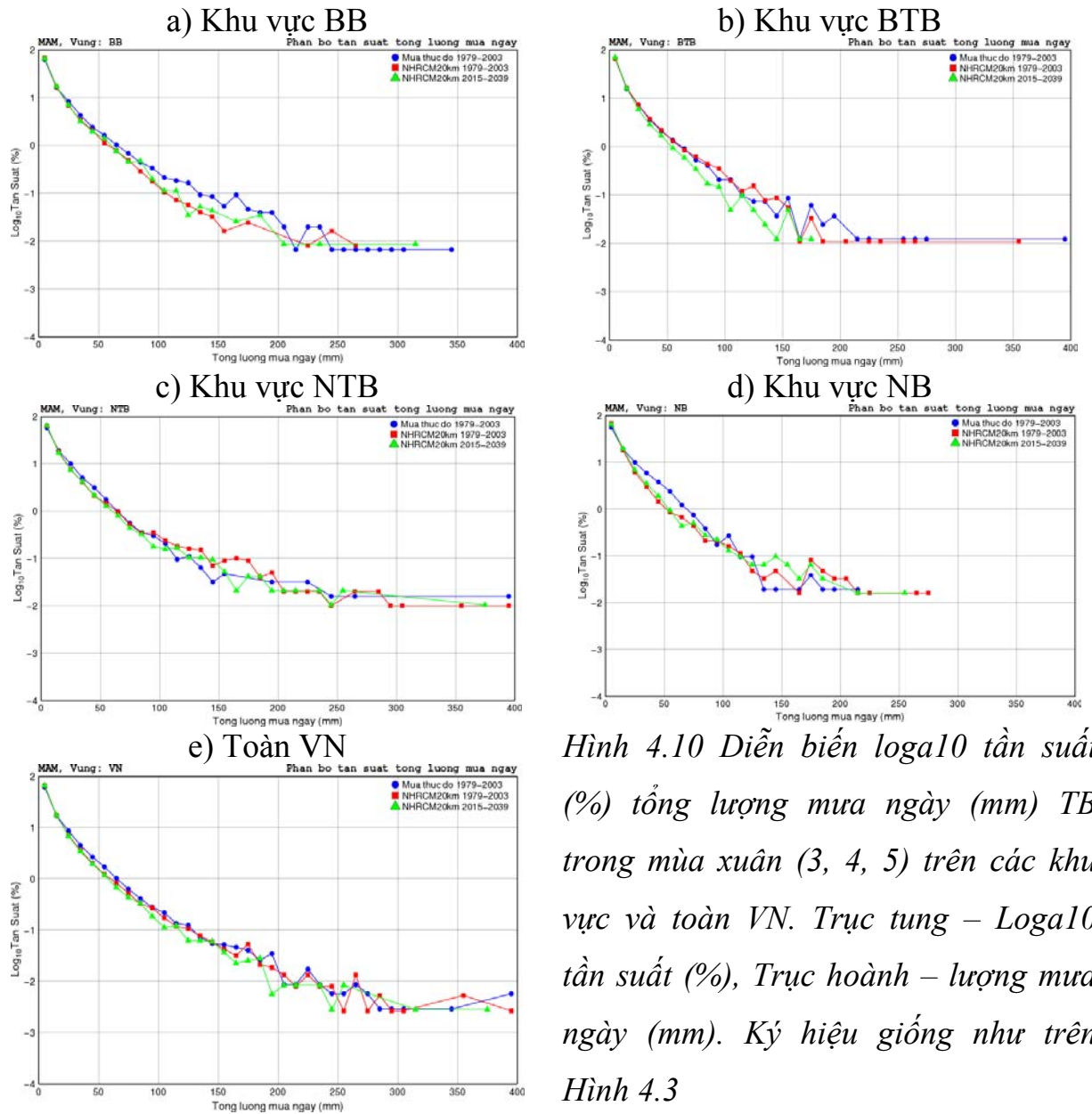
Để đánh giá xu thế diễn biến tổng lượng mưa tháng tương lai so với mô phỏng hiện tại và so với thám sát cho từng khu vực ta xem xét trên Hình 4.9 biểu diễn sự biến đổi tổng lượng mưa trung bình tháng của dự tính tương lai

theo kịch bản với mô phỏng hiện tại và với thám sát cho từng khu vực. Từ đây ta thấy, đối với BB tổng lượng mưa dự tính tương lai (đường xanh lục) giảm mạnh so với thám sát hiện tại trong hầu hết các tháng ngược lại đối với NB lượng mưa dự tính tương lai lại tăng so với mưa thám sát hiện tại vào các tháng (6-9) nhưng lại giảm so với thám sát hiện tại sang các tháng (10-12).

Trên diễn biến tổng lượng mưa năm TB trên toàn VN mưa dự tính cực đại vào tháng 9 trong khi mưa thám sát hiện tại cực đại vào tháng 10. Sự khác nhau này của tổng lượng mưa TB toàn VN năm giống với của khu vực BTB. Nói cách khác, diễn biến tổng lượng mưa BTB chi phối diễn biến tổng lượng mưa toàn VN.

Như ta biết, lượng mưa nói chung không tuân theo phân bố chuẩn mà thường có phân bố gamma. Đề tài quan tâm nhiều đến yếu tố mưa lớn nên histogram cho lượng mưa được hiển thị trên thang loga để có thể hiển thị rõ tần suất xuất hiện của mưa lớn mô phỏng khi so sánh với quan trắc (Kanada và ccs, 2008; Kanada và ccs, 2010) và lượng mưa có phân bố gamma dẫn đến đuôi phân bố kéo dài sang phía phải.

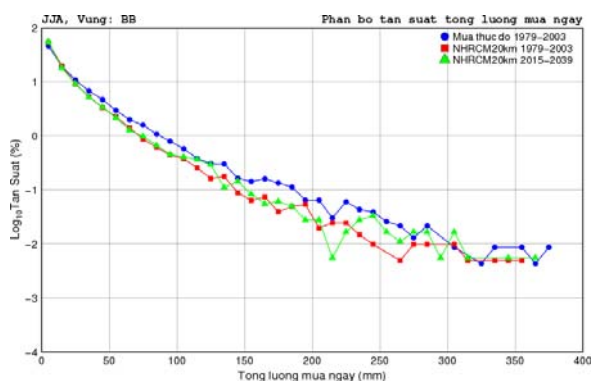
Diễn biến  $\log_{10}$  tần suất (%) tổng lượng mưa TB ngày trên các khu vực và toàn VN về mùa xuân (3, 4, 5) được biểu diễn trên Hình 4.10. Đề tài quan tâm đến tần suất mưa lớn và cực lớn, nghĩa là đến phần đuôi bên phải của phân bố  $\log_{10}$  tần suất. Từ Hình 4.10 ta thấy sự biến đổi tần suất lượng mưa ngày rất khác nhau đối với các khu vực khác nhau. Ví dụ về mùa xuân (Hình 4.10) trên khu vực BB tần suất mưa TB ngày dự tính với ngưỡng 100 - 300 mm/ngày nói chung giảm so với thám sát hiện tại nhưng ở BTB thì tần suất mưa TB ngày dự tính với ngưỡng  $>100$  mm/ngày lại ít biến đổi hơn.



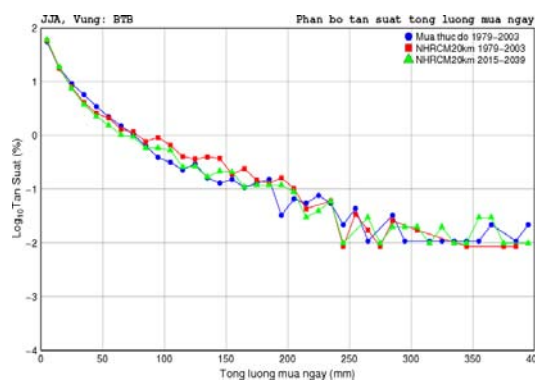
Hình 4.10 Diễn biến  $\log_{10}$  tần suất (%) tổng lượng mưa ngày (mm) TB trong mùa xuân (3, 4, 5) trên các khu vực và toàn VN. Trục tung –  $\log_{10}$  tần suất (%), Trục hoành – lượng mưa ngày (mm). Ký hiệu giống như trên Hình 4.3



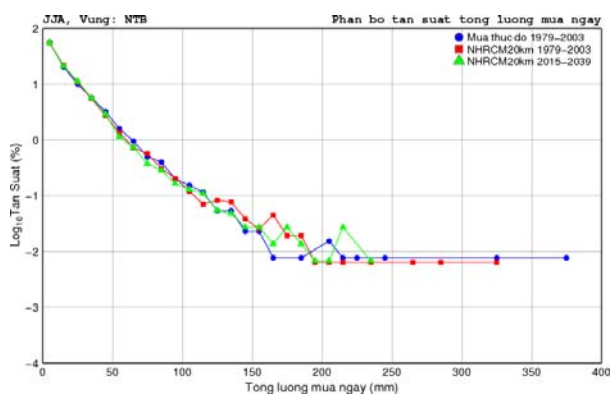
a) Khu vực BB



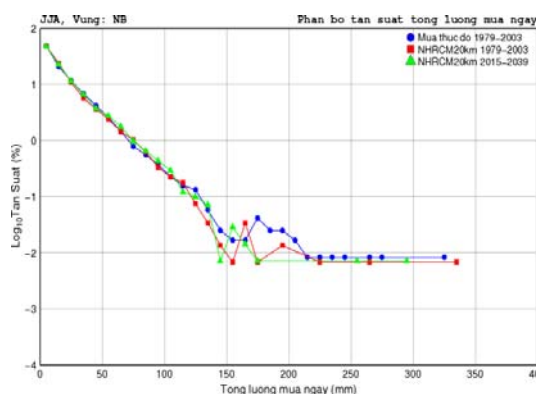
b) Khu vực BTB



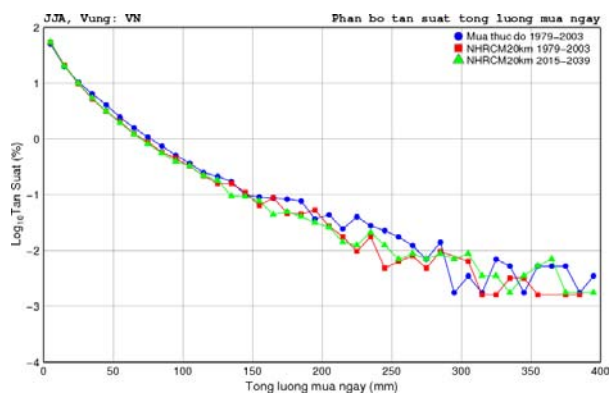
c) Khu vực NTB



d) Khu vực NB



e) Toàn VN

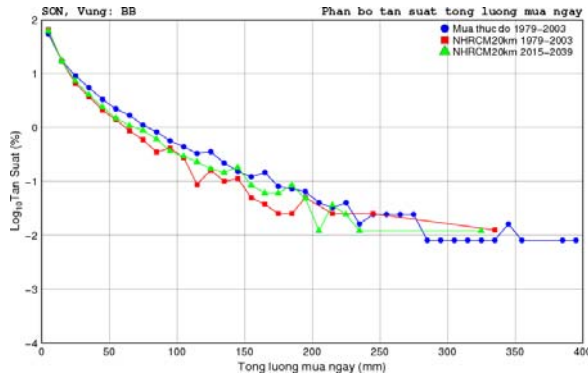


Hình 4.11 Giống như Hình 4.10, nhưng cho 3 tháng mùa hè (6, 7, 8)

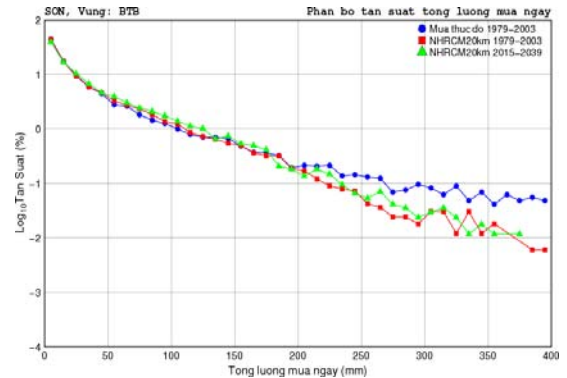
Đối với mưa mùa hè (6, 7, 8) - mùa mưa, khi tổng lượng mưa TB ngày có thể đạt đến 400 mm như trên khu vực BTB, diễn biến loga<sub>10</sub> của tần suất (%) tổng lượng mưa TB ngày cho trên Hình 4.11 có khác với mùa xuân. Ở đây tần suất mưa trung bình ngày với ngưỡng >100 mm/ngày trong tương lai

luôn giảm so với thám sát hiện tại trên BB, BTB và NTB nhưng lại tăng đối với NB.

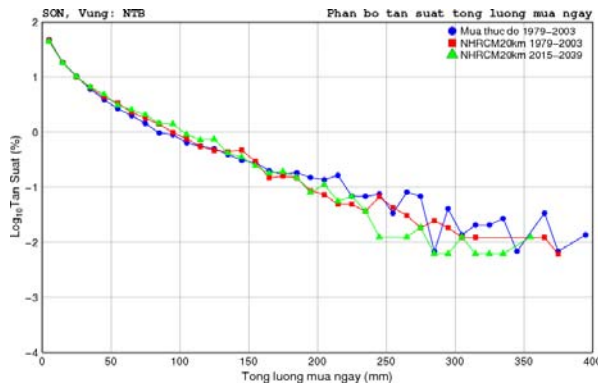
a) Khu vực BB



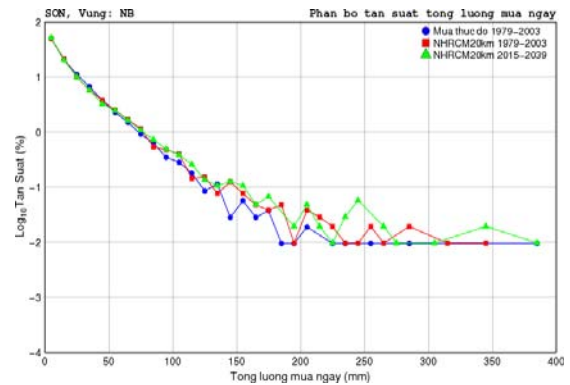
b) Khu vực BTB



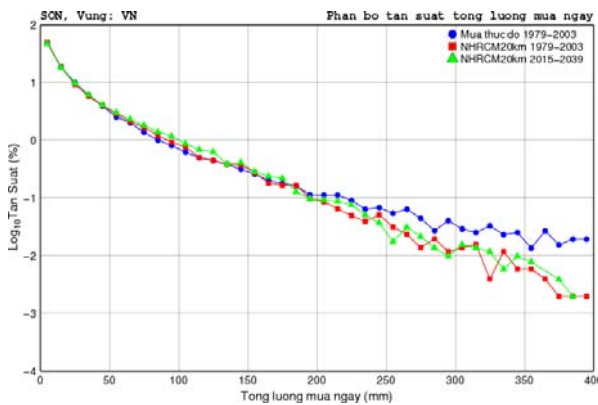
c) Khu vực NTB



d) Khu vực NB



e) Toàn VN

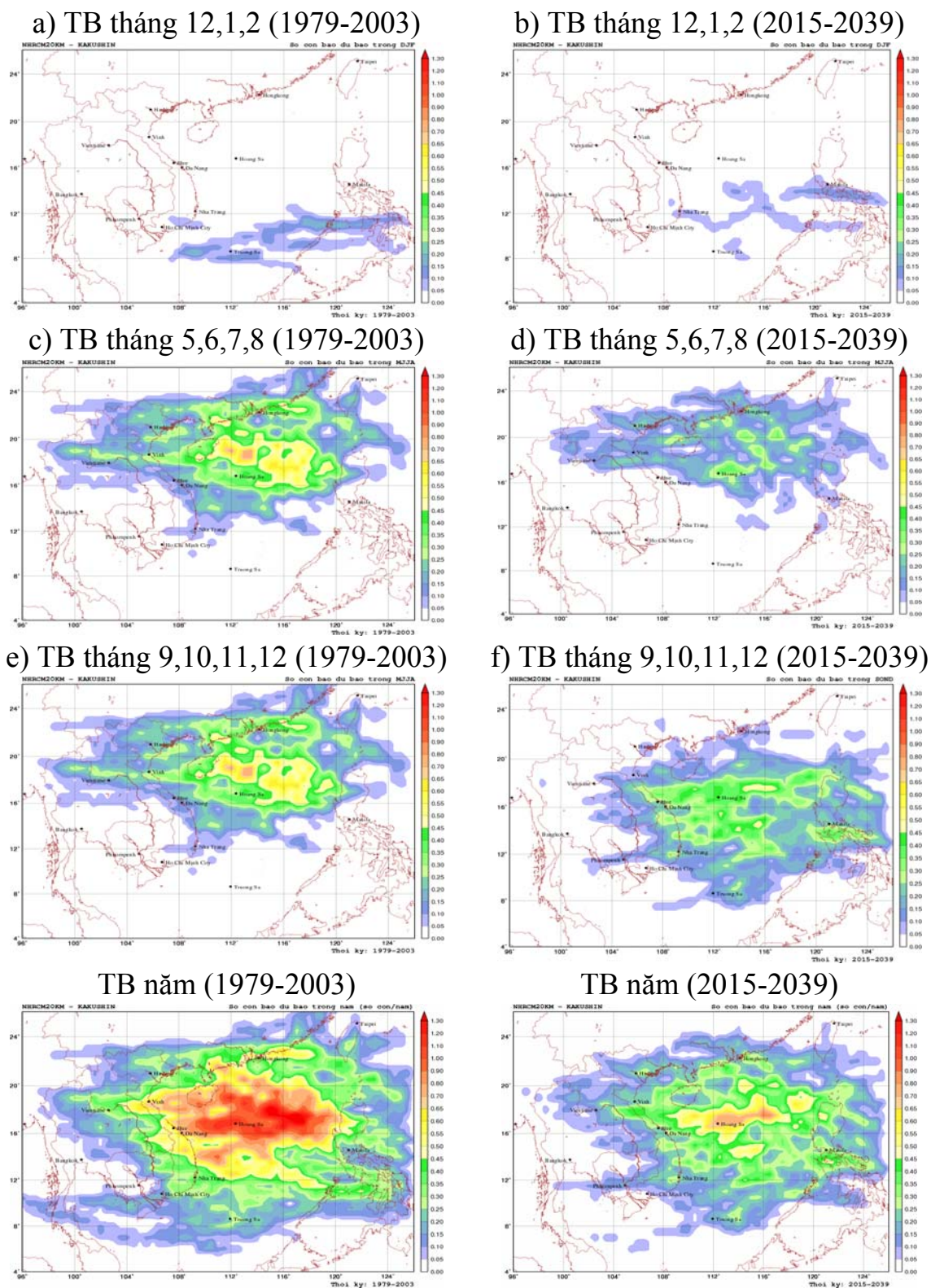


Hình 4.12 Giống như Hình 4.10, nhưng trong mùa thu (9, 10, 11)

Vào mùa thu (9, 10, 11) - mùa mưa ở VN, khi tổng lượng mưa TB ngày trên cả ba khu vực (BB, BTB, NTB) có thể đạt đến  $> 400$  mm trên Hình 4.12 thì sự khác nhau trong tần suất mưa giữa thám sát và kịch bản xuất hiện ở những ngưỡng mưa lớn hơn.

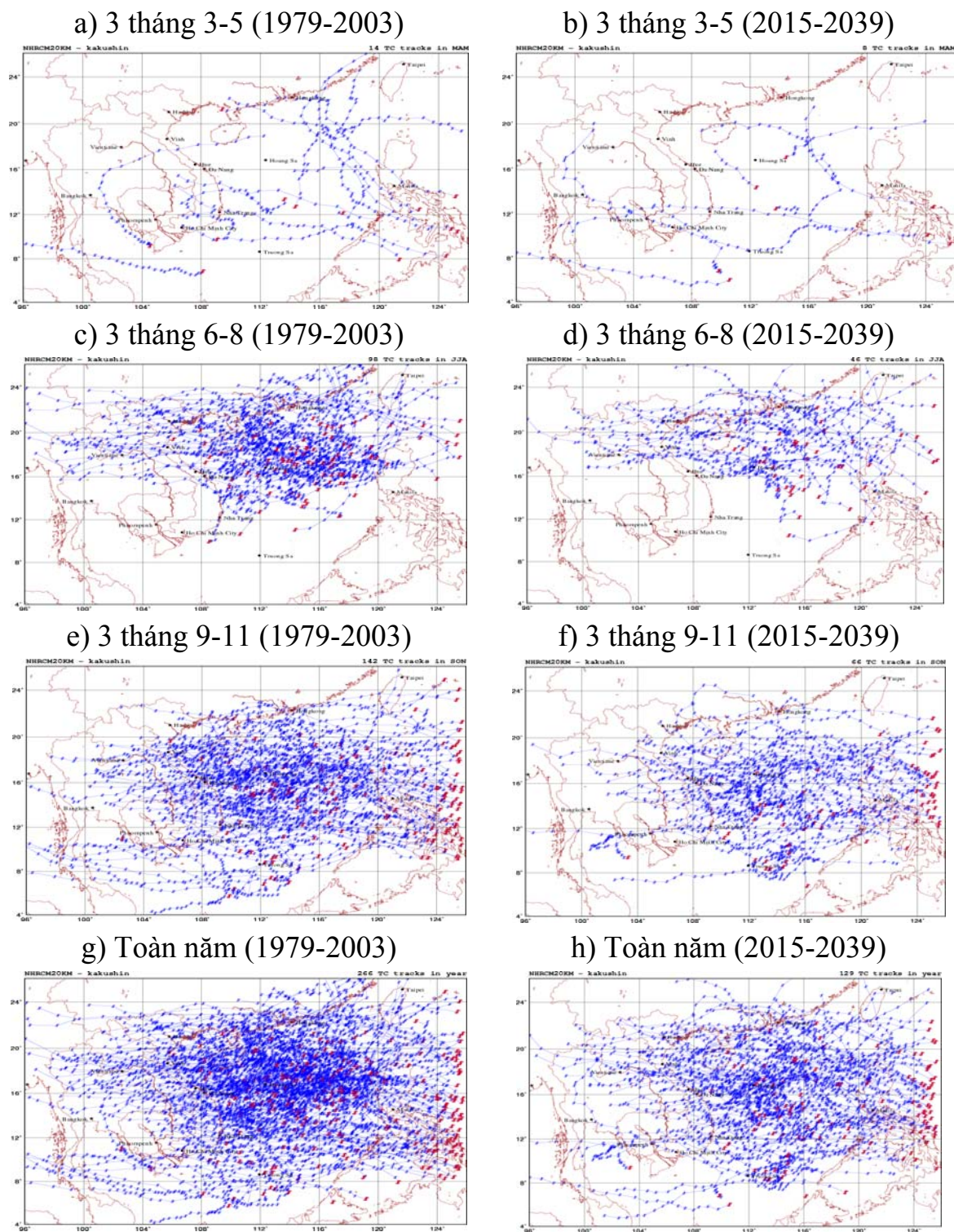
#### ***4.1.3. Phân tích kết quả dự tính xoáy thuận nhiệt đới – bão (TC)***

Số cơn bão (TC) trung bình năm và trung bình mùa mô phỏng được của NHRCM20 được biểu diễn trên Hình 4.13, bên trái mô phỏng thời kỳ hiện tại (1979-2003) và bên phải là dự tính tương lai gần (2015- 2039) dựa theo kịch bản RCP8.5. Kết quả ở đây cho thấy số TC trung bình mùa cũng như trung bình năm dự tính trong tương lai giảm đi rõ rệt. Đặc điểm nổi bật ở đây là sự dịch chuyển vùng hoạt động của TC xuống phía nam trong tương lai gần so với hiện tại trong các tháng 9-12 (so sánh Hình 4.13e với Hình 4.13f). Trong thời kỳ hiện tại (Hình 4.13e) vùng hoạt động của TC bao phủ cả Miền Bắc và Miền Trung VN, nhưng trong tương lai (Hình 4.13f) vùng hoạt động của TC dịch xuống phía nam và chỉ bao phủ Miền Trung.



Hình 4.13 Số cơn bão (TC) TB mùa và TB năm mô phỏng của NHRM20 cho thời kỳ hiện tại (1979-2003)-bên trái; dự tính cho thời kỳ tương lai gần (2015-2039) dựa theo RCP8.5-bên phải.





Hình 4.14 Tổng số quỹ đạo TC của 25 năm mô phỏng bởi NHRCM20 cho từng mùa và cho toàn năm. Cột bên trái mô phỏng cho hiện tại (1979-2003); Cột bên phải dự tính cho tương lai gần (2015-2039) dựa theo RCP8.5.

Trên Hình 4.14 là tổng số quỹ đạo TC 25 năm mô phỏng hiện tại của NHRCM20 (bên trái) và dự tính tương lai (bên phải) dựa theo RCP8.5. So sánh hai Hình 4.13g với 4.13h ta thấy (hay Hình 4.14g với Hình 4.14f) sẽ thấy rõ sự thu hẹp của hoạt động TC trên lãnh thổ VN trong tương lai gần và tác động của bão đến vùng Tây Bắc và khu vực Nam Bộ giảm rõ rệt.

Bảng 4.1 cho ta giá trị cụ thể của tổng số TC cho từng mùa toàn năm mô phỏng được của NHRCM20 cho 25 năm hiện tại (1979-2003) và dự tính của NHRCM20 cho 25 năm tương lai gần (2015-2039) theo RCP8.5. Như vậy theo kịch bản này tổng số TC trong suốt thời đoạn (2015-2039) sẽ giảm đi 51.5 % so với thời đoạn (1979-2003), trong đó 3 tháng 6-8 mức độ giảm lớn hơn (53.1 %) so với 3 tháng 3-5 (42.8 %).

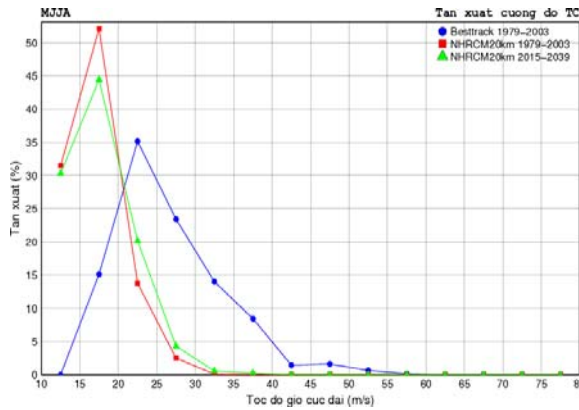
*Bảng 4.1 Tổng số TC trong 25 năm mô phỏng hiện tại và dự tính tương lai dựa theo RCP8.5 của NHRCM20 trên khu vực VN-BĐ*

<b>Mùa</b>	<b>Tháng 3- 5</b>	<b>Tháng 6- 8</b>	<b>Tháng 9-11</b>	<b>25 năm</b>
Mô phỏng hiện tại (1979-2003)	14	98	142	266
Dự tính tương lai (2015-2039) theo RCP8.5	8	46	66	129
Mức độ giảm tổng số TC (%)	42.8	53.1	50.7	51.5

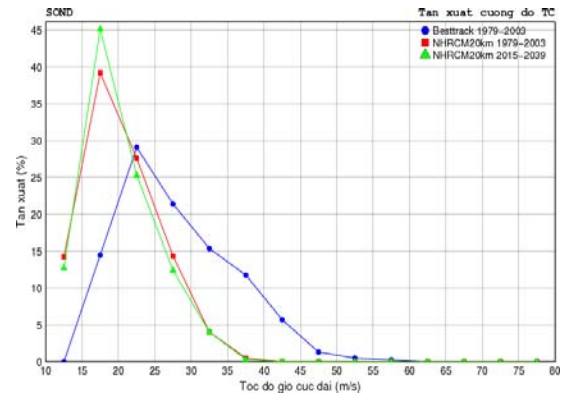
Tần suất (%) cường độ TC (tốc độ gió cực đại m/s) trung bình mùa và trung bình năm cũng như số TC trung bình năm được thể hiện trên Hình 4.15. Điểm chung ở đây là cường độ TC mô hình (cả mô phỏng hiện tại và dự tính tương lai) yếu hơn cường độ TC thám sát. Trung bình 4 tháng 5-8 tần suất cực đại của mô hình đạt ở cường độ bão với tốc độ gió cực đại 17.5m/s, trong lúc của bão thám sát đạt ở cường độ bão với tốc độ gió cực đại 22.5 m/s (Hình 4.15a). Diễn biến này đúng cho cả trung bình 4 tháng tiếp theo (9-12). Điểm khác nhau của tần suất cường độ TC trong hai thời kỳ này là trong tương lai

tần suất cực đại của cường độ bão (17.5m/s) trung bình bốn tháng 5-8 sẽ giảm nhưng trung bình 4 tháng 9-12 lại tăng. Kết cục là tần suất cường độ TC trung bình năm của mô phỏng hiện tại và dự tính tương lai theo kịch bản gần như trùng nhau (Hình 4.15c).

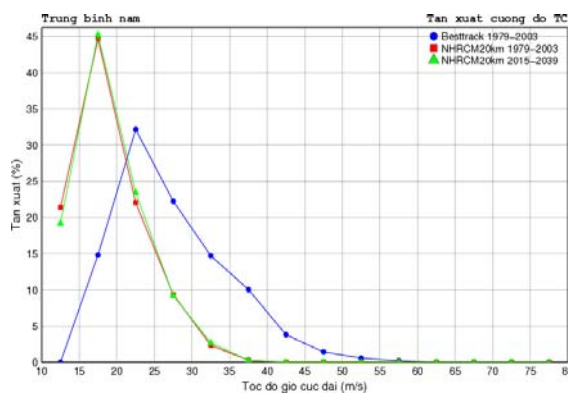
a) Tháng 5-8



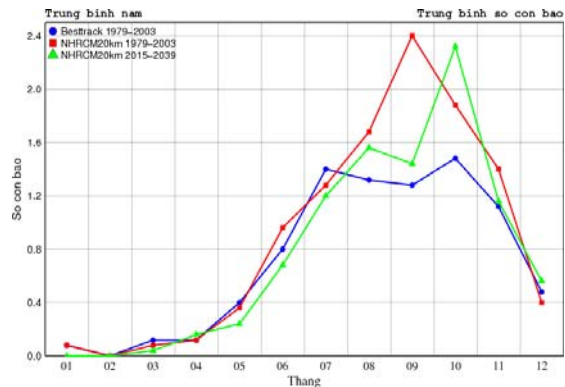
b) Tháng 9-12



c) TB năm



d) Số cơn bão TB năm theo tháng



Hình 4.15 Tần suất (%) cường độ TC - đo bằng  $V_{max}$  (m/s) trung bình mùa (a, b) và trung bình năm (c). Số TC trung bình năm theo tháng (d). Trục tung-số TC; Trục hoành-tháng. Ký hiệu: Best track (chấm tròn xanh lam); mô phỏng hiện tại 1979-2003 (hình vuông đỏ); dự tính tương lai 2015-2039 theo RCP8.5 (tam giác xanh lục).

Từ diễn biến số TC trung bình năm theo tháng (Hình 4.15d) ta thấy số TC trong tương lai giảm hệ thống rõ rệt, giảm mạnh nhất vào tháng 9; tăng nhẹ vào tháng 10 và tháng 12.

Tóm lại, theo kịch bản RCP8.5 trong tương lai gần tổng số cơn TC giảm mạnh (đến 51.5 %), vùng hoạt động TC thu hẹp, nhưng về trung bình cường độ bão ít biến đổi. Kết quả là lượng mưa do bão mang lại trên phần lớn lãnh thổ VN cũng sẽ giảm mạnh.

## **4.2 Phân tích dự tính ECE trên khu vực VN-BĐ bằng mô hình NHRCM05 với đầu vào là số liệu đầu ra của NHRCM20 dựa theo kịch bản RCP8.5 - Thử nghiệm phân giải cao T4**

### **4.2.1 Phân tích kết quả dự tính nhiệt độ không khí trên độ cao 2m - T2m**

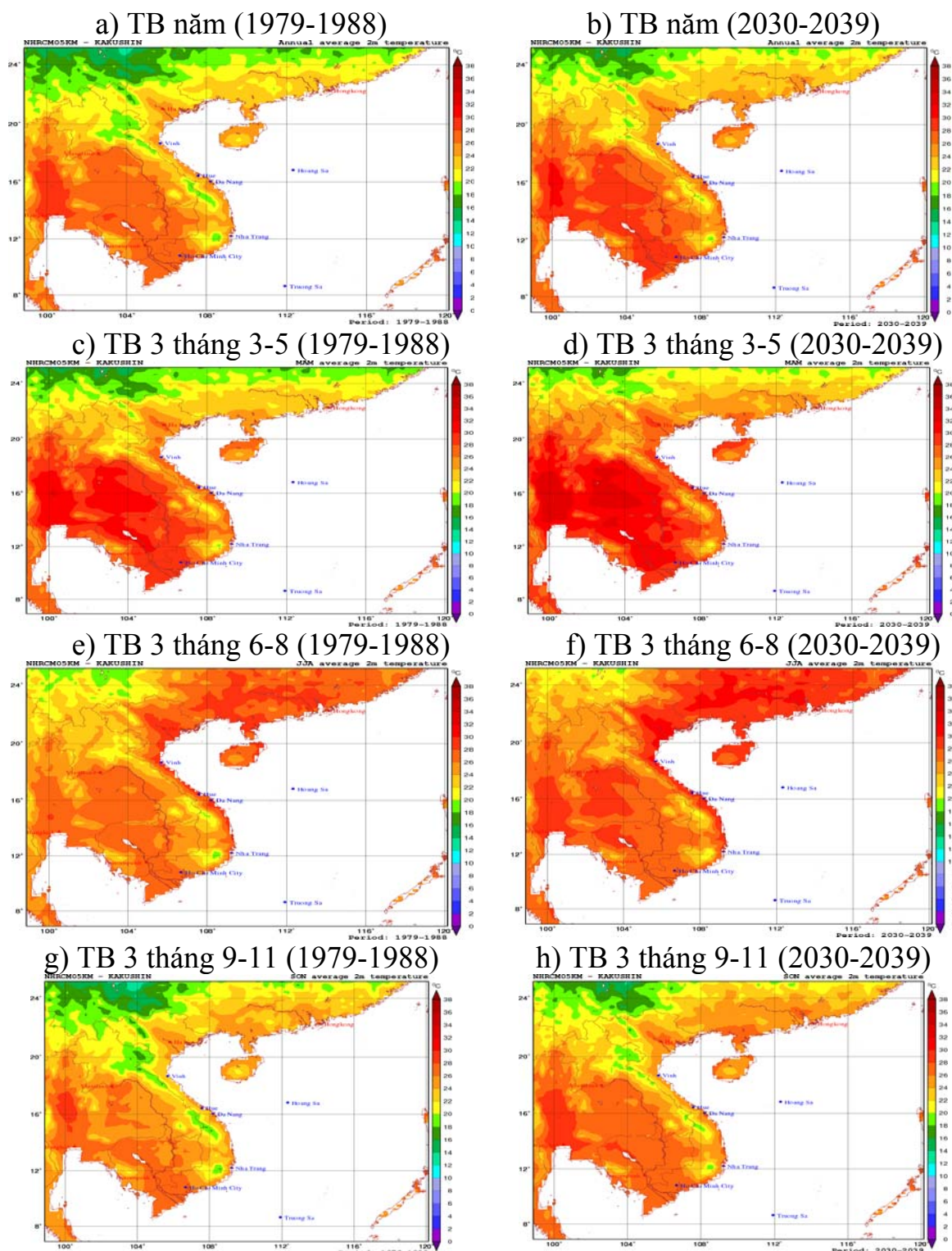
Kết quả mô phỏng T2m trung bình 10 năm của NHRCM05 cho hiện tại (1979-1988) và dự tính tương lai gần (2030-2039) của NHRCM05 theo kịch bản RCP8.5 được minh họa qua phân bố không gian cũng như đánh giá bằng so với thám sát.

Trên Hình 4.16 là phân bố T2m trung bình theo năm và theo mùa, mô phỏng bởi NHRCM05 của hiện tại (bên trái) và cho tương lai gần theo kịch bản (bên phải). So sánh từng cặp của phân bố T2m của hiện tại với tương lai cho trung bình năm (a với b), trung bình 3 tháng xuân (c với d), trung bình ba tháng hè (e với f) và trung bình ba tháng thu (g với h) ta thấy trong tương lai gần T2m luôn tăng, tuy nhiên với mức độ khác nhau cho các khu vực khác nhau. Sự tăng khác nhau này được thể hiện rõ hơn qua phân bố hiệu số [T2m (2030-2039) – T2m (1979-1988)], biểu diễn trên Hình 4.17.

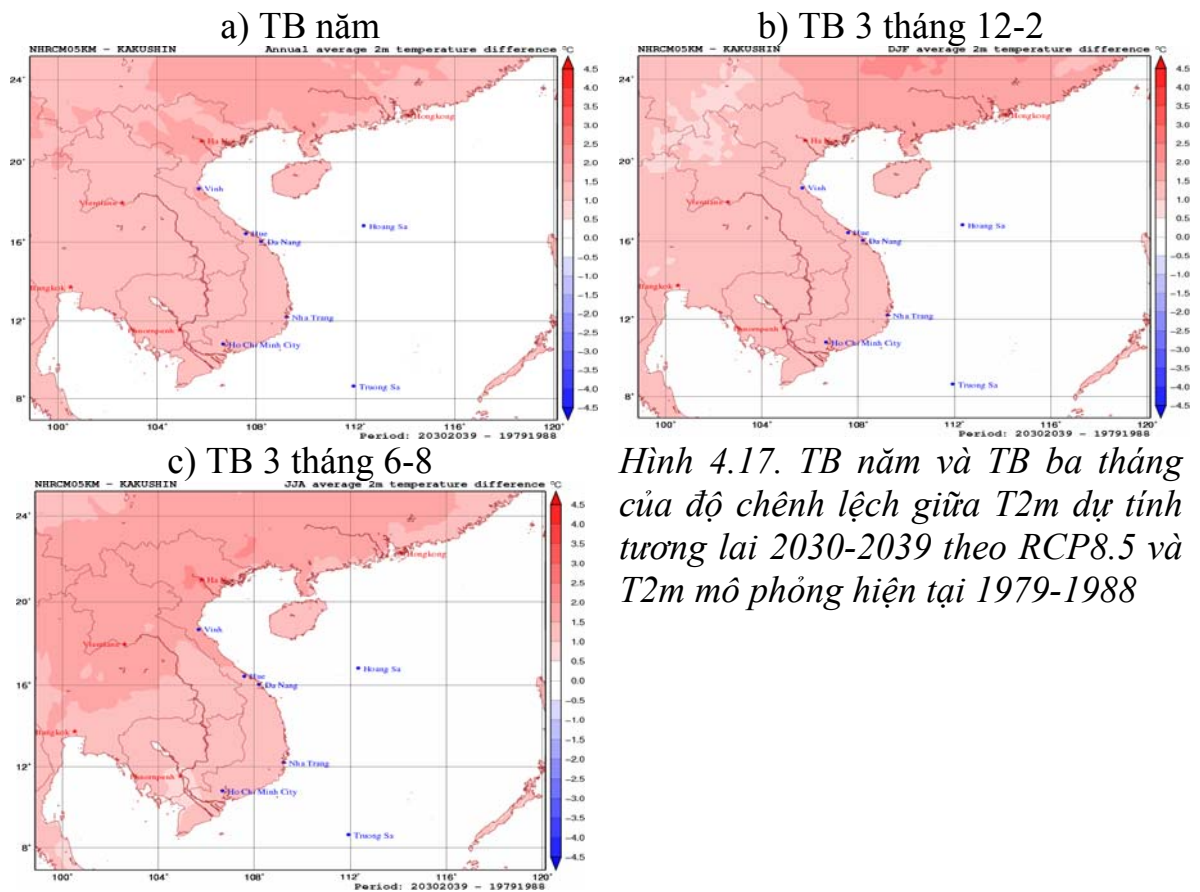
Phân bố TB năm của hiệu số này (Hình 4.17a) luôn cỡ 0.5-1 độ C trên toàn lục địa, trong đó trên phần lớn lãnh thổ xung quanh Hà Nội trong khoảng 1.0 đến 1.5 độ C. Về mùa đông (Hình 4.17b) trên toàn lục địa độ tăng T2m vẫn luôn 0.5-1.0 độ C, tuy nhiên vùng có gia tăng T2m < 0.5 độ C có lại trên lãnh thổ Lào-Trung Quốc phía tây bắc của Tây Bắc của VN. Ngược lại sang mùa hè (tháng 6-8) độ gia tăng của T2m trên khu vực nghiên cứu tăng mạnh rõ rệt (Hình 4.17c). Trên lãnh thổ VN từ Đèo Ngang trở ra hiệu số này là 1.0-



1.5 độ C và có một vùng bao quanh Hà Nội lệch về phía tây với mức độ tăng > 1.5 độ C, trong khi từ Đèo Ngang trở vào hiệu số này đạt 0.5-1.0 độ C.



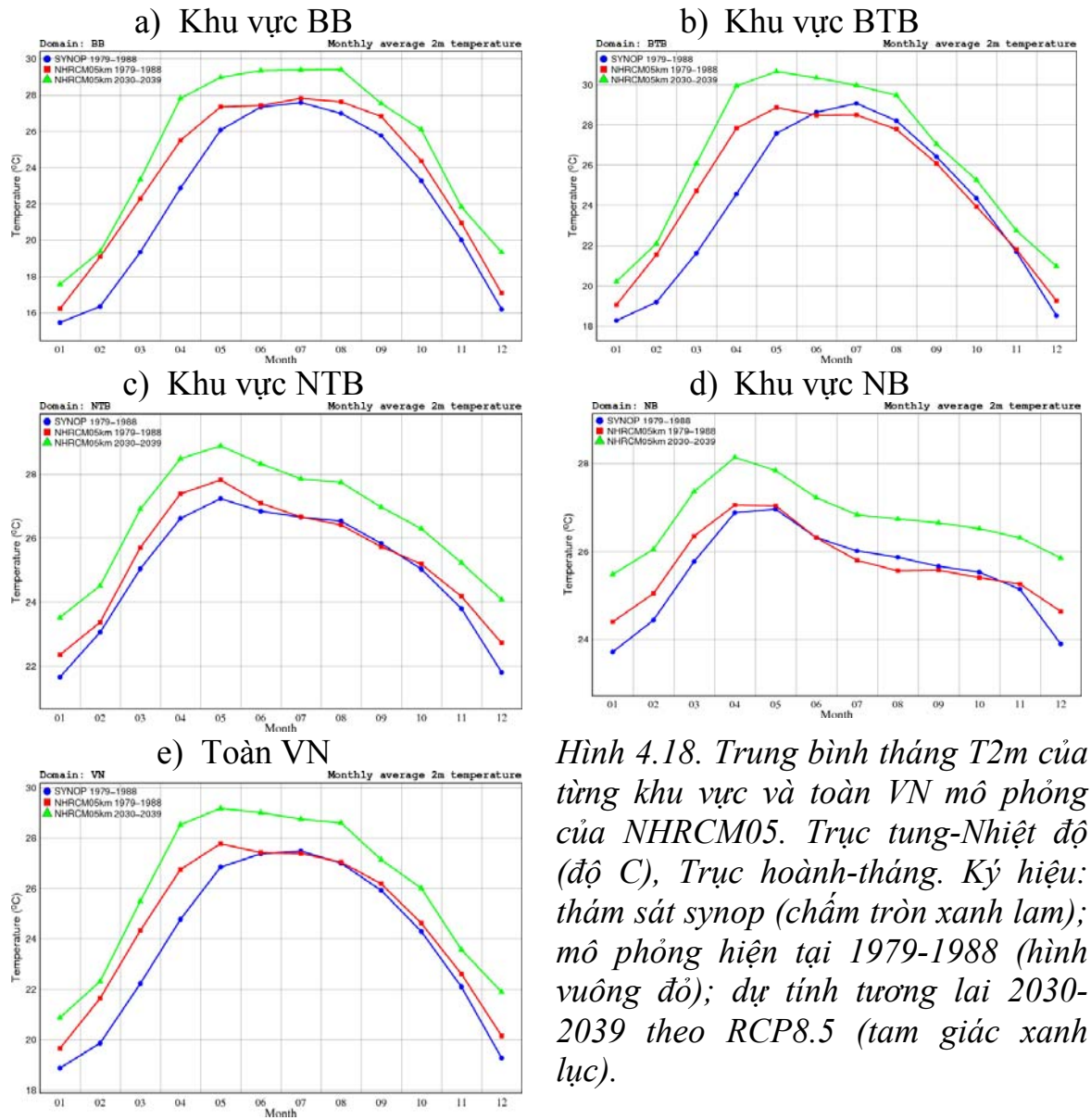
Hình 4.16. Phân bố T2m TB theo năm và theo mùa, mô phỏng bởi NHRCM05 cho hiện tại 1979-1988 và dự tính cho tương lai gần 2030-2039 theo kịch bản RCP8.5



Hình 4.17. TB năm và TB ba tháng của độ chênh lệch giữa T2m dự tính tương lai 2030-2039 theo RCP8.5 và T2m mô phỏng hiện tại 1979-1988

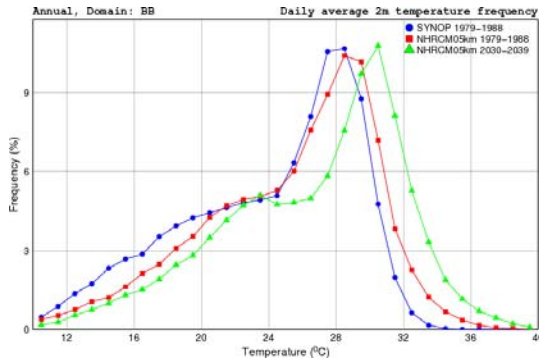
Biểu diễn trên Hình 4.18 cho phép ta đánh giá sự biến đổi T2m trung bình tháng cho từng khu vực của VN từ mô phỏng của NHRCM05 theo kịch bản RCP8.5 so với mô phỏng hiện tại và so với thám sát. Theo kịch bản này T2m trung bình trong tương lai (2030-2039) luôn cao hơn T2m trung bình mô phỏng hiện tại (1979-1988) và càng cao hơn thám sát hiện tại trên cả bốn khu vực, trong đó có một số tháng T2m của mô phỏng hiện tại gần trùng với thám sát, cá biệt có nơi thấp hơn thám sát hiện tại.

Đối với BB và BTB sự nóng lên thể hiện mạnh hơn từ tháng 2-8 và yếu hơn trong các tháng thu (9-11), trong khi đối với NTB và NB thì sự nóng lên thể hiện gần như nhau trong suốt năm.

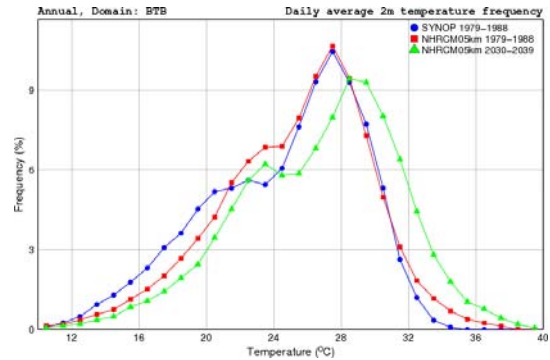


Hình 4.18. Trung bình tháng T2m của từng khu vực và toàn VN mô phỏng của NHRCM05. Trục tung-Nhiệt độ (độ C), Trục hoành-tháng. Ký hiệu: thám sát synop (chấm tròn xanh lam); mô phỏng hiện tại 1979-1988 (hình vuông đỏ); dự tính tương lai 2030-2039 theo RCP8.5 (tam giác xanh lục).

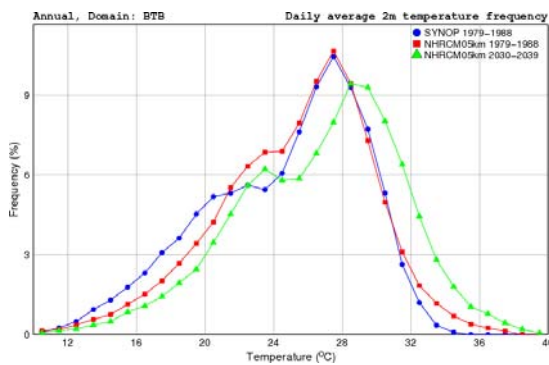
a) Khu vực BB



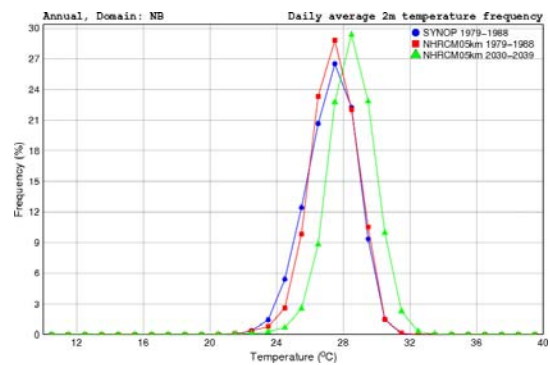
b) Khu vực BTB



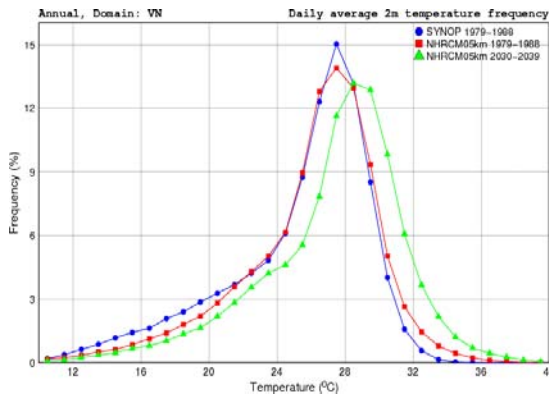
c) Khu vực NTB



d) Khu vực NB



e) Toàn VN

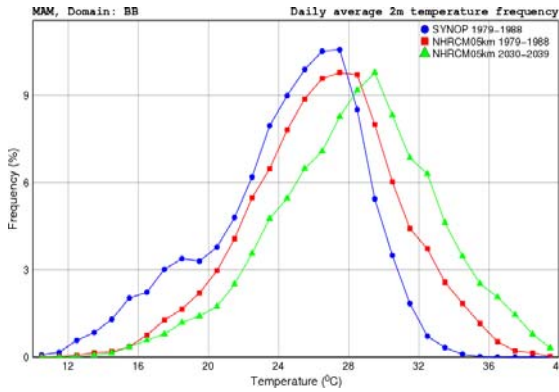


Hình 4.19 Tần suất (%) T2m TB ngày toàn năm trên từng khu vực và trên toàn VN. Trục tung: Tần suất (%); Trục hoành - Nhiệt độ (độ C). Ký hiệu: giống như ở Hình 4.18.

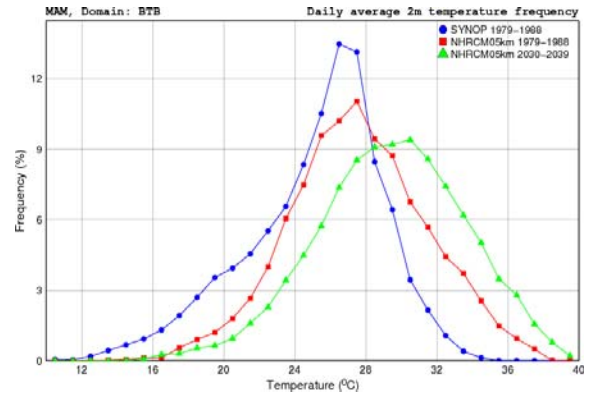
Trên Hình 4.19 biểu diễn tần suất (%) T2m trung bình ngày toàn năm cho từng khu vực và cho toàn lãnh thổ VN. Từ đây ta thấy, phổ của tần suất T2m trung bình ngày dịch dần về phía nhiệt độ cao hơn từ thám sát sang mô phỏng hiện tại và sang kịch bản tương lai. Điều này cho thấy T2m tăng hệ thống trong tương lai.



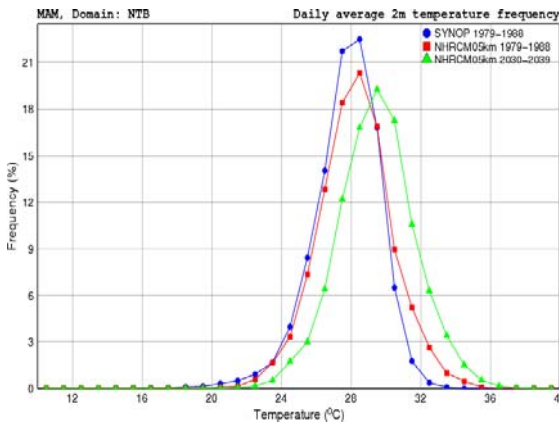
a) Khu vực BB



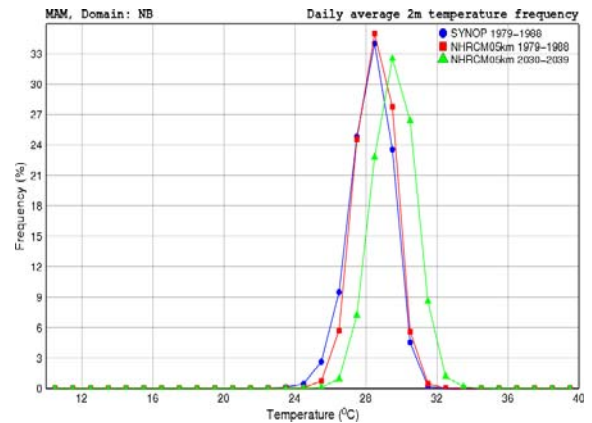
b) Khu vực BTB



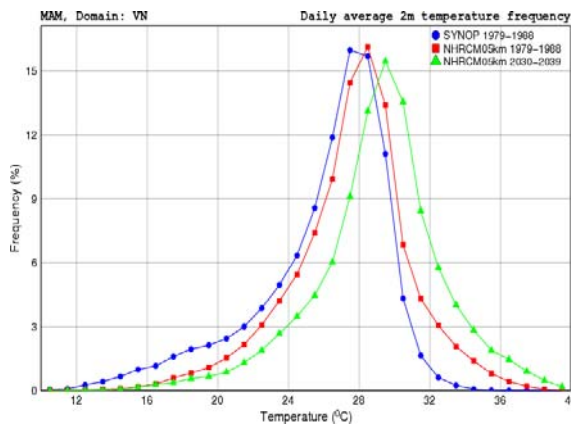
c) Khu vực NTB



d) Khu vực NB



e) Toàn VN

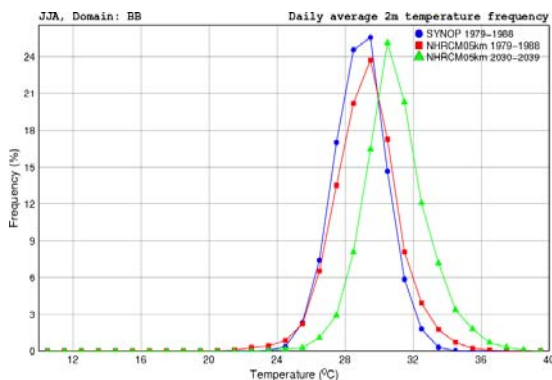


Hình 4.20 Tần suất (%) T2m TB ngày trên từng khu vực và trên toàn VN cho mùa xuân (3-5). Ký hiệu giống như Hình 4.18

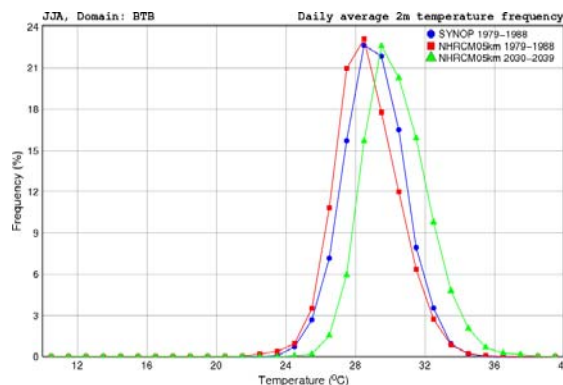
Đối với nhiệt độ cực trị (T2m.min và T2m.max) thì ta thấy, về mùa xuân ở BB tần suất của T2m.min (14 độ C và thấp hơn) giảm rõ rệt (giảm từ ~ 3% của thám sát xuống ~1.5% của dự tính tương lai - xem phía trái Hình 4.20a), trong khi tần suất của những T2m.max (34 độ C và cao hơn) lại tăng với mức độ mạnh hơn (từ 0.% của thám sát lên >2. % của dự tính tương lai –

xem phía phải của Hình 4.20a). Đối với BTB mức độ giảm tần suất T2m.min và tăng tần suất T2m.max còn mạnh mẽ hơn (so sánh Hình 4.20a với Hình 4.20b). Đối với NTB và NB về mùa xuân mức độ giảm tần suất T2m.min và tăng tần suất T2m.max yếu hơn nhiều so với BB và BTB (xem trên Hình 4.20 c và d).

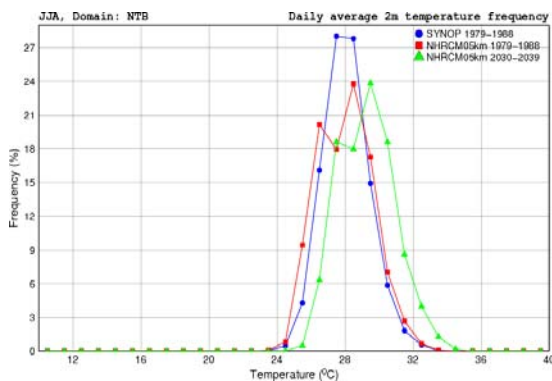
a) Khu vực BB



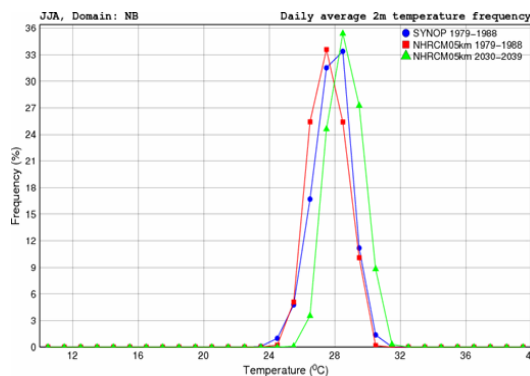
b) Khu vực BTB



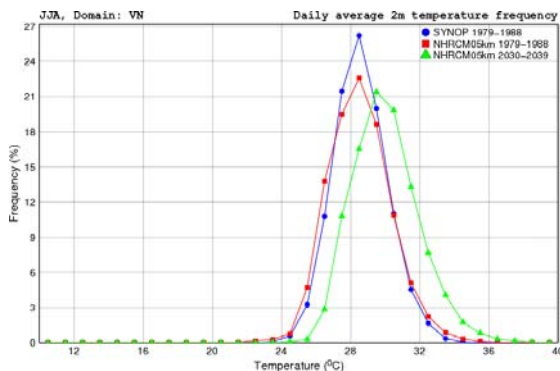
c) Khu vực NTB



d) Khu vực NB



e) Toàn VN



Hình 4.21 Tần suất T2m TB ngày nhiều năm trên từng khu vực và trên toàn VN cho mùa hè (6-8). Ký hiệu giống như Hình 4.18

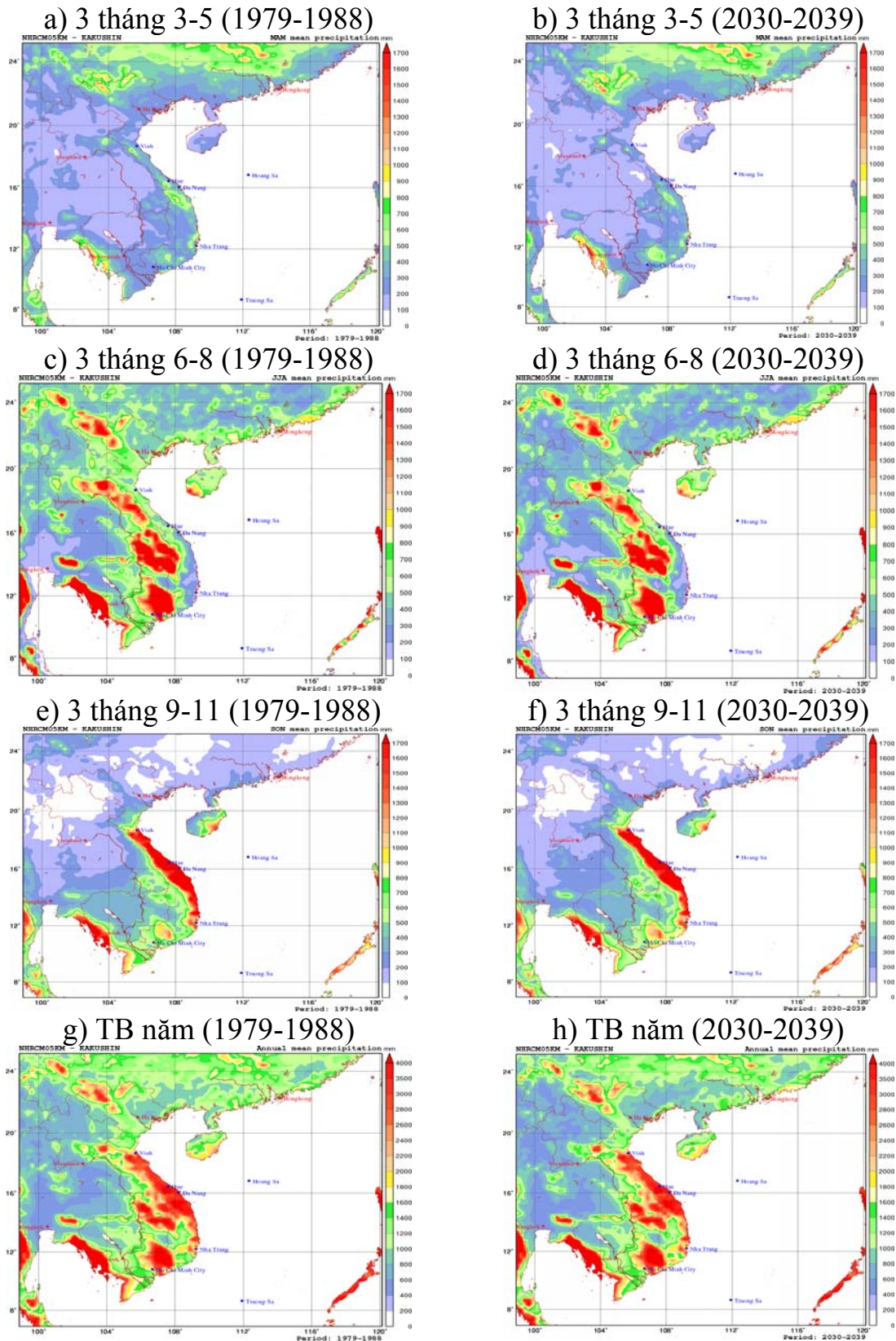
Hình 4.21 biểu diễn tương tự giống như trên Hình 4.20 nhưng trung bình cho ba tháng (6-8). Xu thế biến đổi ở đây gần giống như đối với mùa xuân.

Điểm cần lưu ý là khác với kết quả mô phỏng phân giải thô NHRCM20 trong mục 4.1.1. kết quả dự tính T2m phân giải cao của NHRCM05 trên khu vực NB luôn tăng trên toàn phổ nhiệt độ so với hiện tại tuy nhiên với mức độ yếu hơn so với các khu vực phía bắc.

#### ***4.2.2 Phân tích kết quả dự tính lượng mưa***

Kết quả mô phỏng tổng lượng mưa trung bình 10 năm của NHRCM05 cho hiện tại (1979-1988) và dự tính tương lai gần (2030-2039) dựa theo RCP8.5 được minh họa qua phân tích phân bố không gian tổng lượng mưa và đánh giá bằng so sánh với thám sát.

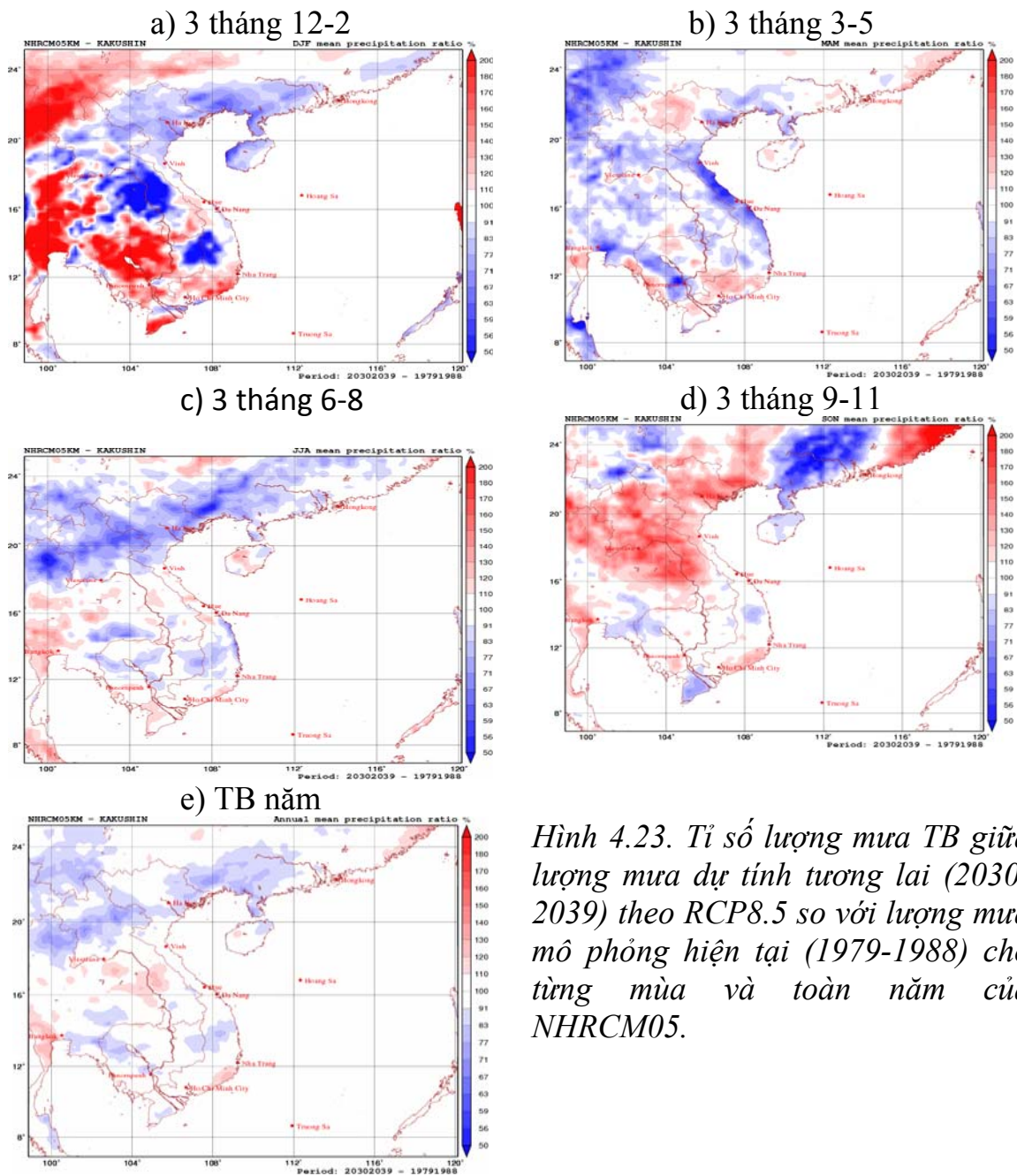
Trên Hình 4.22 là phân bố tổng lượng mưa trung bình mô phỏng của NHRCM05 với đầu vào là đầu ra của NHRCM20 thời kỳ 1979-1988 (bên trái) và dự tính của NHRCM05 theo RCP8.5 cho thời kỳ 2030-2039 (bên phải). So sánh phân bố tổng lượng mưa TB mô phỏng 3 tháng xuân (3-5) của hiện tại (Hình 4.22a) với phân bố tổng lượng mưa TB dự tính tương ứng trong tương lai (Hình 4.22b) cho thấy về mùa xuân tổng lượng mưa trong tương lai giảm trên hầu hết lãnh thổ nghiên cứu loại trừ khu vực quanh trung tâm Bắc Quang-Mường Tè và vùng phía nam Tây Nguyên lại cho mưa tăng. Trung bình trong mùa hè – mùa mưa (6-8), so sánh Hình 4.22c với Hình 4.22d, trên lãnh thổ VN tổng lượng mưa giảm rõ rệt kéo từ bắc chí nam tuy nhiên giảm mạnh hơn trên nửa nước phía bắc. Đặc biệt vào mùa thu (9-11) tổng lượng mưa TB tăng rõ rệt trên hầu hết lãnh thổ BB (so sánh Hình 4.22e với Hình 4.22f). Trên TB năm (so sánh Hình 4.22g với Hình 4.22h) lượng mưa trung bình trên lãnh thổ VN trong tương lai gần nhìn chung giảm trên hầu hết lãnh thổ VN.



Hình 4.22 Phân bố tổng lượng mưa TB theo năm và theo mùa, mô phỏng bởi NHRCM05 cho hiện tại 1979-1988 (bên trái); cho dự tính tương lai gần (2030-2039) theo RCP8.5 (bên phải).



Xu thế diễn biến trên đây thể hiện rõ hơn trên Hình 4.23-biểu diễn tỉ số giữa lượng mưa dự tính tương lai so với lượng mưa mô phỏng hiện tại nhận được từ NHRCM05. So sánh tỉ số lượng mưa trung bình theo các mùa trên hình này ta thấy, về mùa đông (ba tháng 12-2) lượng mưa giảm mạnh trên hầu hết lãnh thổ BB, giảm mạnh hơn trên một vùng ở Tây Nguyên nhưng lại tăng trên vùng NB (Hình 4.23a) và ít thay đổi trên khu vực Miền Trung.

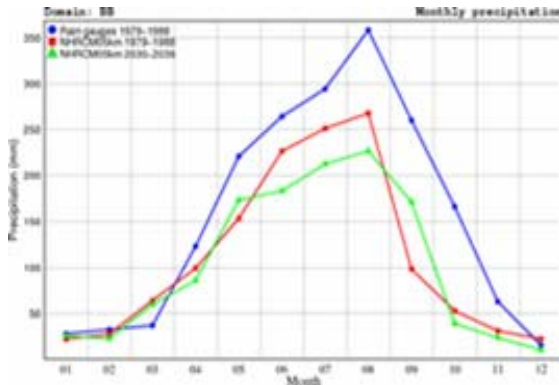


Hình 4.23. Tỉ số lượng mưa TB giữa lượng mưa dự tính tương lai (2030-2039) theo RCP8.5 so với lượng mưa mô phỏng hiện tại (1979-1988) cho từng mùa và toàn năm của NHRCM05.

Trung bình mùa xuân (3-5) mưa giảm rõ rệt suốt dải MT từ Thanh Hóa đến Nha Trang nhưng lại tăng nhiều trên Tây Bắc và một số vùng trên khu vực NB (Hình 4.23b). Trung bình ba tháng mùa hè (6-8) lượng mưa giảm mạnh ở BB và một vùng trên Tây Nguyên (Hình 4.23c). Đặc biệt trung bình mùa thu (9-11) lượng mưa tăng mạnh trên hầu hết khu vực BB và tăng nhẹ trên vùng ven biển phía nam Nha Trang nhưng lại giảm nhẹ trên vùng Cà Mau-NB (Hình 4.23d). Sự tăng và giảm lượng mưa bù trừ nhau, tỉ số lượng mưa trung bình năm (Hình 4.23e) cho thấy lượng mưa tương lai giảm trên khu vực BB và Tây Nguyên giảm nhiều hơn so với khu vực NB, loại trừ tăng nhẹ trên vùng ven biển Nha Trang-Sài Gòn.

Để đánh giá xu thế diễn biến lượng mưa dự tính tương lai theo RCP8.5 so với mô phỏng hiện tại và so với thám sát cho từng khu vực ta xem xét trên Hình 4.24, biểu diễn sự biến đổi tổng lượng mưa trung bình tháng từng khu vực. Từ đây ta thấy: Ở BB (Hình 4.24a) hầu như suốt năm (loại trừ tháng 3) tổng lượng mưa mô phỏng của NHRCM05 nhỏ hơn mưa thám sát và mưa dự tính tương lai theo RCP8.5 giảm so với mưa thám sát hiện tại. Trên vùng BTB (Hình 4.24b) mưa dự tính tương lai tăng vào các tháng 8-10 và ít biến đổi trong các tháng còn lại. Trên vùng NTB (Hình 4.24c) nhìn chung mưa dự tính lớn hơn mưa thám sát. Ở NB (Hình 4.24d) mưa dự tính lớn hơn mưa thám sát trong các tháng 6-8 nhưng lại nhỏ hơn thám sát trong các 9-12.

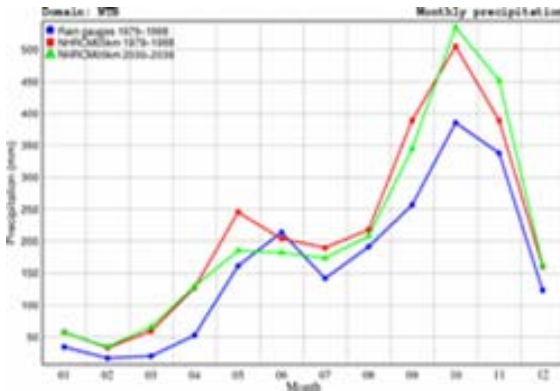
a) Khu vực BB



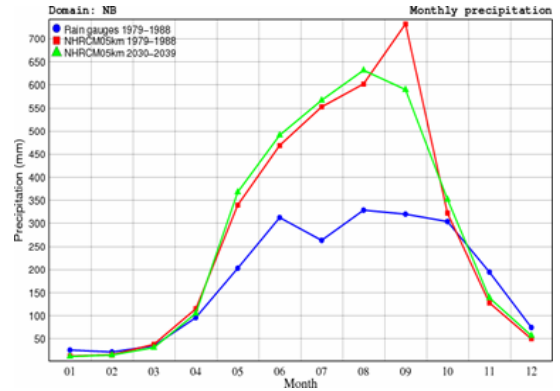
b) Khu vực BTB



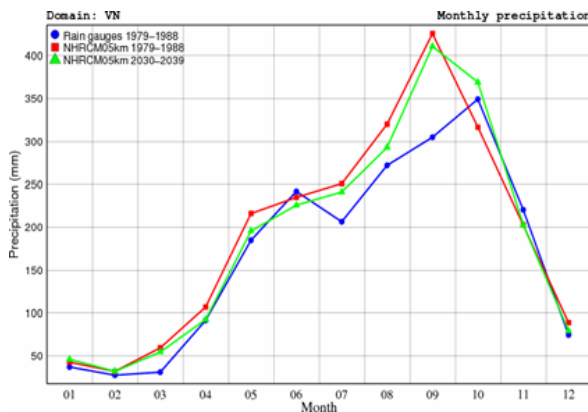
c) Khu vực NTB



d) Khu vực NB



e) Toàn VN

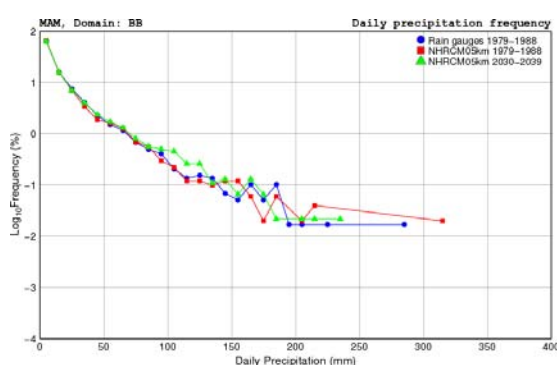


Hình 4.24 Tổng lượng mưa TB tháng trên các khu vực và toàn VN của NHRCM05. Trục tung – lượng mưa (mm); Trục hoành – tháng. Ký hiệu giống như trên Hình 4.18

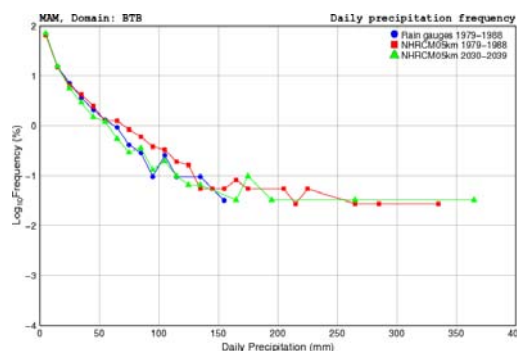
Diễn biến  $\log_{10}$  của tần suất (%) tổng lượng mưa ngày TB cho ta đánh giá xu thế diễn biến mưa lớn và cực lớn trên khu vực trên lãnh thổ VN. So sánh phân bố  $\log_{10}$  tần suất (%) tổng lượng mưa ngày về mùa xuân cho các khu vực trên Hình 4.25 ta thấy có sự khác biệt rõ rệt giữa các khu vực ở

những ngưỡng mưa lớn và rất lớn. Ví dụ từ Hình 4.25 ta thấy đối với BTB, NTB cả NB mưa dự tính tương lai có tần suất xuất hiện cả ở những ngưỡng rất cao hơn ( $>300\text{mm/ngày}$ ) so với mưa thám sát hiện tại trong khi ở BB mưa dự tính xuất hiện tối đa ở ngưỡng  $230\text{mm/ngày}$  còn mưa thám sát hiện tại xuất hiện đến ngưỡng  $270\text{mm/ngày}$ .

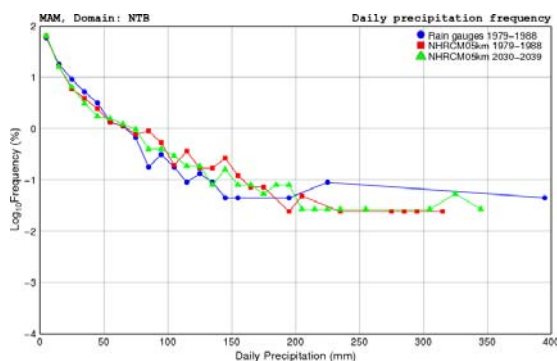
a) Khu vực BB



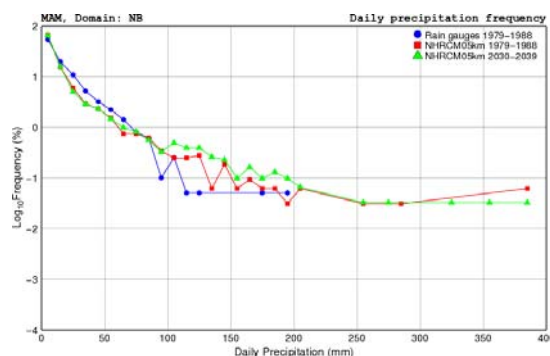
b) Khu vực BTB



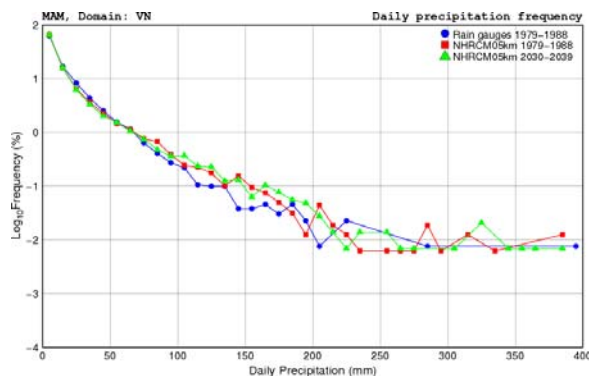
c) Khu vực NTB



d) Khu vực NB



e) Toàn VN

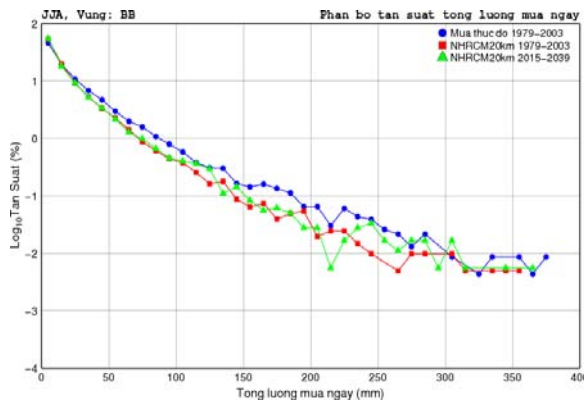


Hình 4.25 Diễn biến  $\log_{10}$  tần suất (%) theo tổng lượng mưa ngày (mm) TB trong mùa xuân (3-5) trên các khu vực và toàn VN. Trục tung –  $\log_{10}$  của tần suất; Trục hoành – lượng mưa (mm). Ký hiệu như trên Hình 4.18

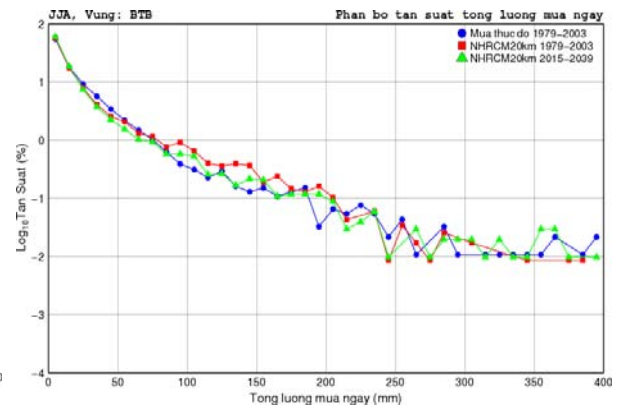
Về mùa hè (6-8) - mùa mưa, khi tổng lượng mưa TB ngày có thể đạt đến  $400\text{mm}$  như trên khu vực BTB, diễn biến  $\log_{10}$  của tần suất (%) tổng

lượng mưa TB ngày trên Hình 4.26 có khác với mùa xuân. Đó là đối với mưa lớn và rất lớn (100-200mm/ngày) mưa dự tính có tần suất xuất hiện thấp hơn so với mưa thám sát. Đối với những ngưỡng mưa lớn hơn sự khác nhau giữa tần suất xuất hiện của mưa dự tính và mưa thám sát không có tính quy luật.

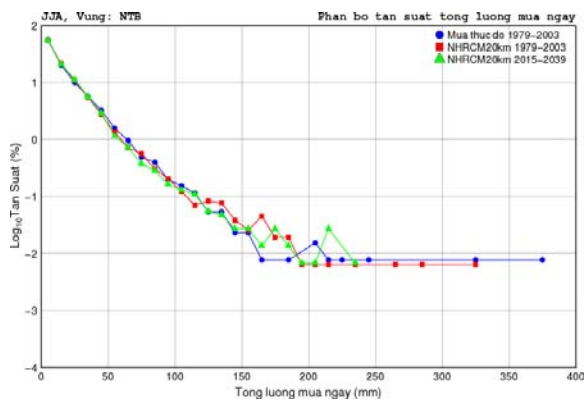
b) Khu vực BB



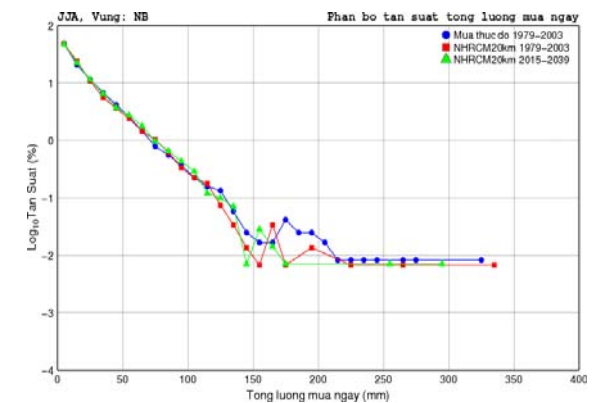
b) Khu vực BTB



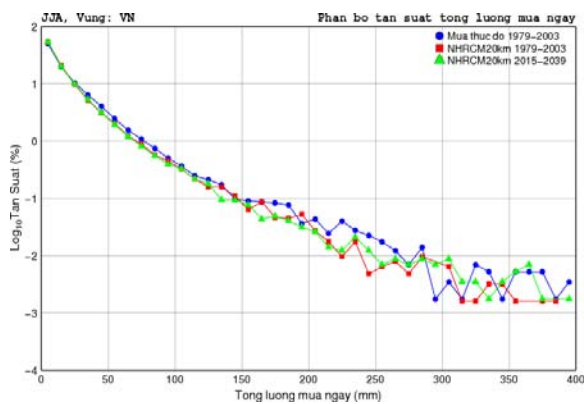
c) Khu vực NTB



d) Khu vực NB



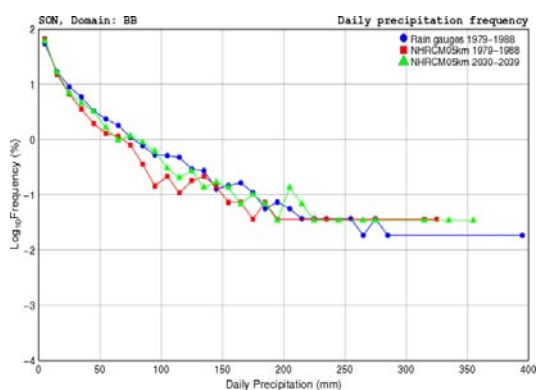
e) Toàn VN



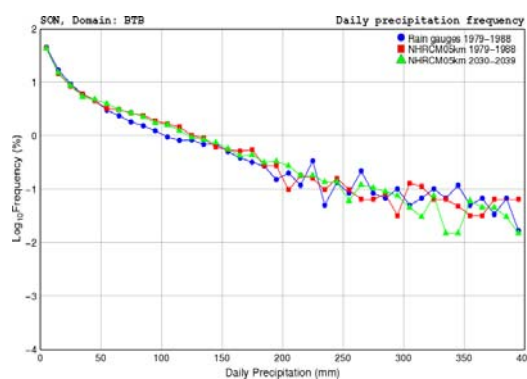
Hình 4.26 Giống như Hình 4.25, nhưng cho 3 tháng mùa hè (6-8)

Vào mùa thu (9-11) - mùa mưa ở VN, khi tổng lượng mưa TB ngày trên cả ba khu vực ( BB, BTB,NTB) có thể đạt đến > 400 mm trên Hình 4.27 thì diễn biến tần suất mưa lớn-rất lớn dự tính theo kịch bản so với mưa thám sát cũng gần giống như mùa hè đối với BB, BTB và NTB. Riêng đối với NB (Hình 4.27d) với những ngưỡng mưa rất lớn (100-400 mm/ngày) thì tần suất mưa dự tính hầu như luôn cao hơn tần suất mưa thám sát.

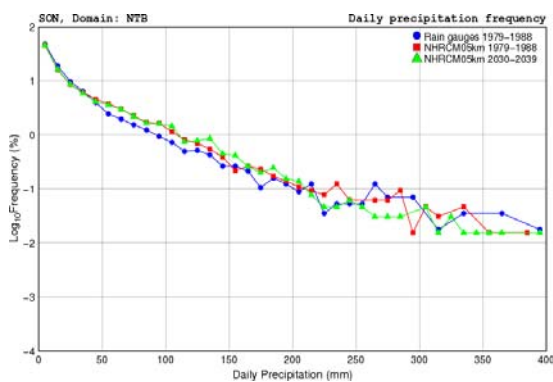
a) Khu vực BB



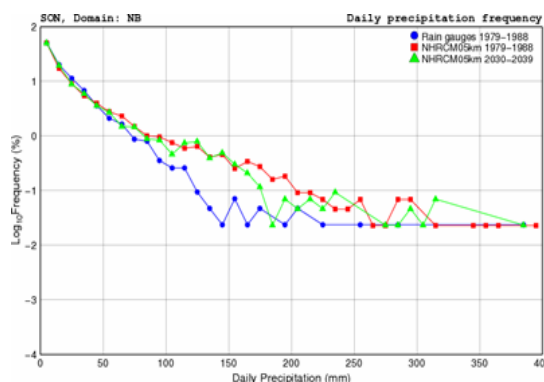
b) Khu vực BTB



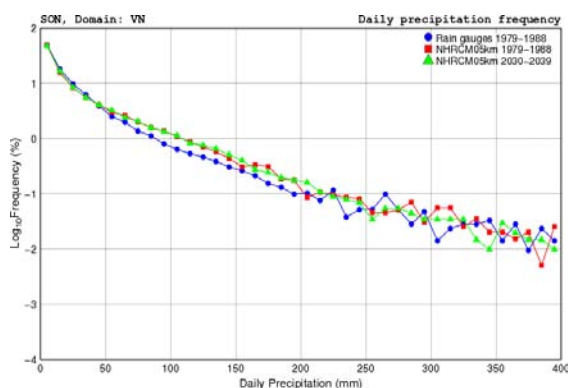
c) Khu vực NTB



d) Khu vực NB



e) Toàn VN



Hình 4.27 Giống như Hình 4.25, nhưng cho mùa thu (9-11)

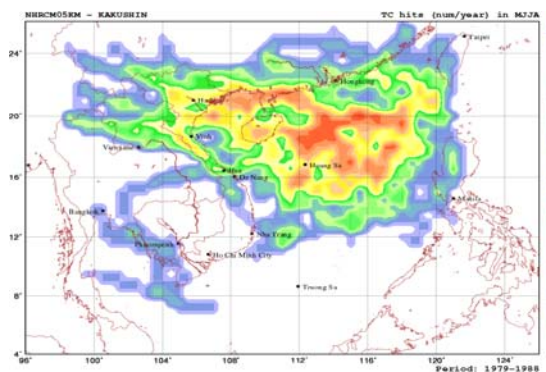


#### ***4.2.3 Phân tích kết quả dự tính xoáy thuận nhiệt đới - bão (TC)***

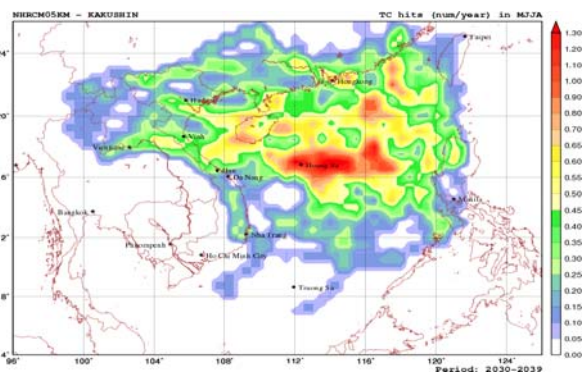
Phân bố số cơn TC trung bình năm và trung bình mùa mô phỏng được của NHRCM05 được biểu diễn trên Hình 4.28, bên trái là kết quả mô phỏng hiện tại (1979-1988) và bên phải là dự tính cho thời kỳ tương lai (2030- 2039) dựa theo RCP8.5.

Kết quả biểu diễn ở đây cho thấy, số TC trung bình mùa cũng như trung bình năm giảm nhẹ vào nửa đầu mùa TC - tháng (5-8) nhưng lại hơi tăng vào nửa sau mùa TC – tháng (9-12).

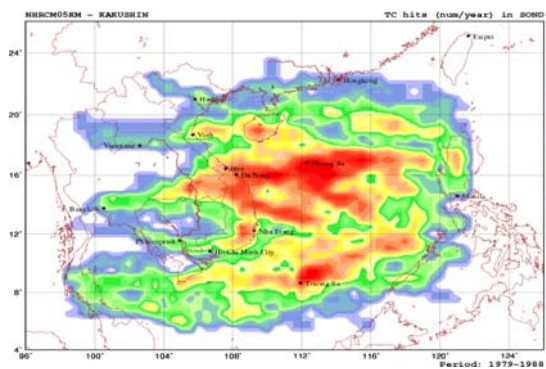
a) 4 tháng (5-8) (1979-1988)



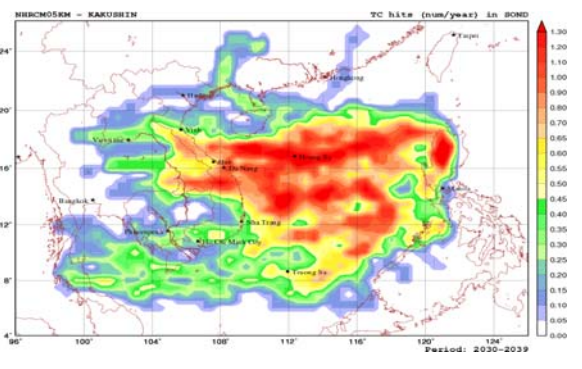
b) 4 tháng (5-8) (2030-2039)



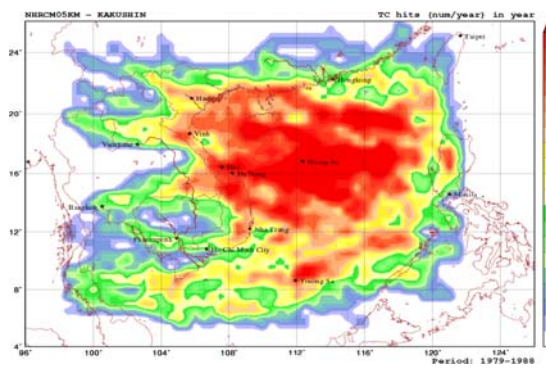
c) 4 tháng (9-12) (1979-1988)



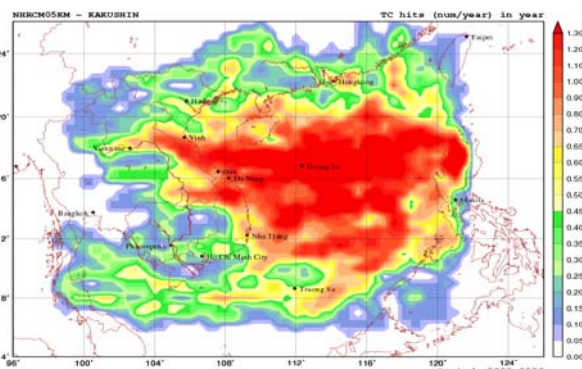
d) 4 tháng (9-12) (2030-2039)



e) TB năm (1979-1988)



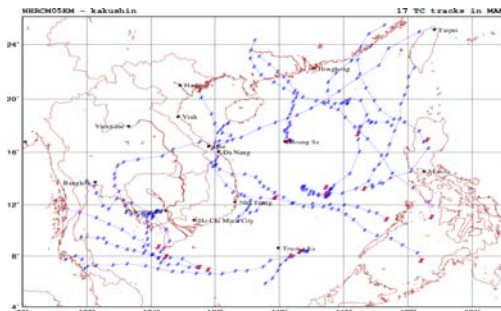
f) TB năm (2030-2039)



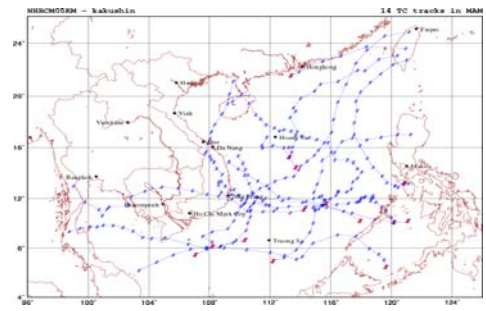
Hình 4.28 Phân bố số cơn TC TB mùa và TB năm mô phỏng của NHRCM05 cho thời kỳ hiện tại 1979-1988 (bên trái) và cho thời kỳ tương lai gần 2030-2039 theo RCP8.5 (bên phải).



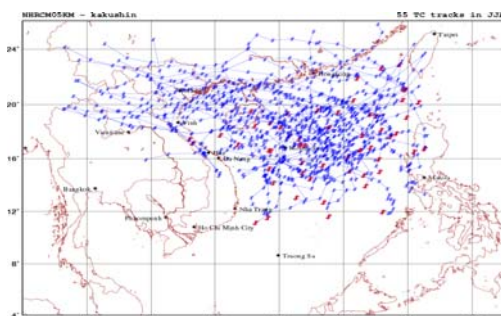
a) 3 tháng 3-5 (1979-1988)



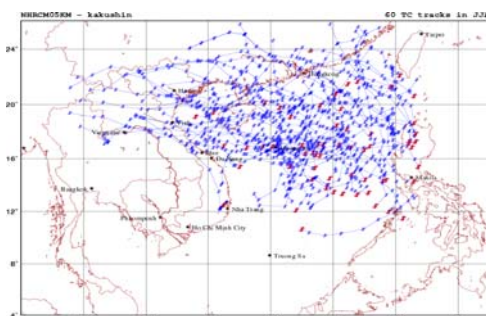
b) 3 tháng 3-5 (2030-2039)



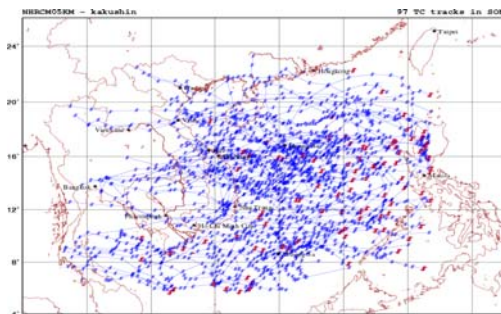
c) 3 tháng 6-8 (1979-1988)



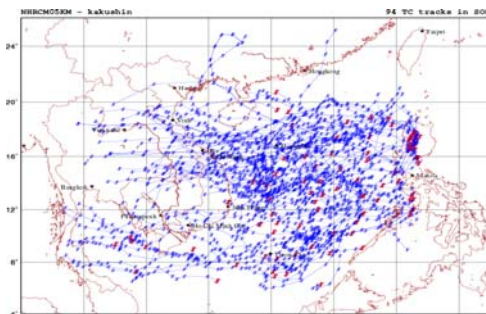
d) 3 tháng 6-8 (2030-2039)



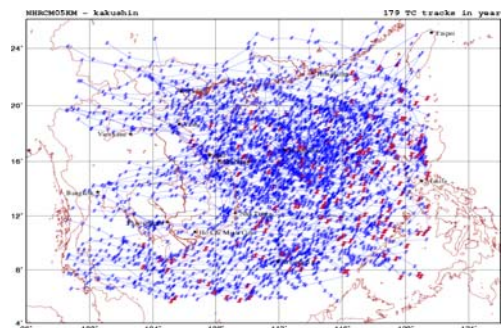
e) 3 tháng 9-11 (1979-1988)



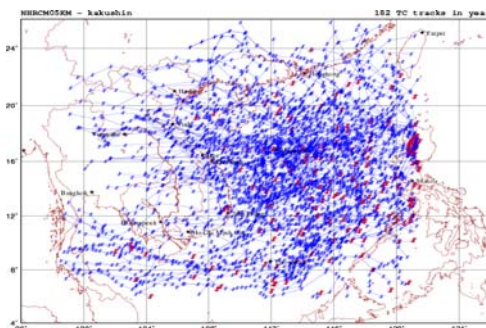
f) 3 tháng 9-11 (2030-2039)



g) 10 năm (1979-1988)



h) 10 năm (2030-2039)



Hình 4.29 Tổng số quỹ đạo TC trong 10 năm mô phỏng bởi NHRCM05 cho từng mùa và cho toàn năm. Cột bên trái mô phỏng hiện tại (1979-1988); Cột bên phải dự tính tương lai (2030-2039) dựa theo RCP8.5.

Trên Hình 4.29 cho thấy tổng số quỹ đạo TC trong 10 năm mô phỏng bởi NHRCM05 cho từng mùa và cho toàn năm. Đặc điểm nổi bật ở đây là trong ba tháng mùa hè (6-8) số TC trong tương lai tăng nhẹ so với hiện tại, nhưng hầu hết TC xuất hiện ở đây thường bắt đầu phát triển trên biển phía bắc và phía trong quần đảo Phillippnes nên nhiều trong số đó thường là những xoáy nhỏ yếu hơn thông thường. Sang mùa thu (9-11) số TC có giảm nhẹ từ hiện tại (1979-1988) sang dự tính tương lai (2030-2039) và vùng hoạt động của TC thu hẹp hơn trong tương lai (so sánh Hình 4.29e với Hình 4.29f).

Bảng 4.2 cho ta giá trị cụ thể của tổng số TC cho từng mùa và toàn năm mô phỏng được của NHRCM05 trong 10 năm hiện tại (1979-1988) và dự tính theo RCP8.5 cho 10 năm tương lai (2030-2039). Kết quả cho thấy, trong tương lai gần tổng số TC thay đổi không nhiều. Tuy nhiên cường độ của TC trong tương lai so với hiện tại có biến đổi hay không cần xem xét tần suất phân bố của chúng.

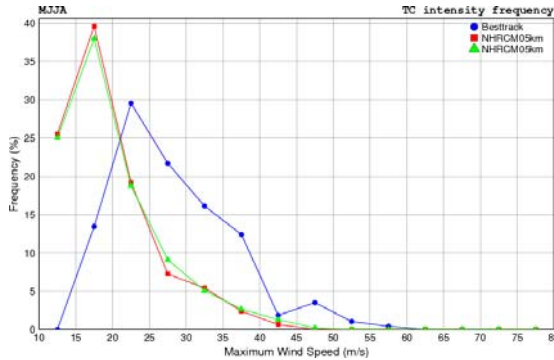
*Bảng 4.2 Tổng số TC trong 10 năm mô phỏng hiện tại và dự tính tương lai theo RCP8.5 của NHRCM05 cho khu vực VN-BĐ*

<b>Mùa</b>	<b>tháng 3-5</b>	<b>tháng 6-8</b>	<b>tháng 9-11</b>	<b>10 năm</b>
Hiện tại: 1979-1988	17	55	97	169
Tương lai: 2030-2039	14	60	94	168

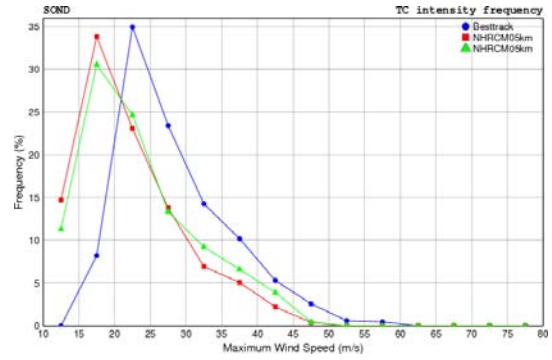
Tần suất (%) cường độ TC (đo bằng tốc độ gió cực đại m/s) trung bình mùa và trung bình năm cũng như số TC trung bình năm được thể hiện trên Hình 4.30. Đặc điểm chung tìm thấy từ đây là cường độ TC mô phỏng cho hiện tại cũng như dự tính tương lai theo RCP8.5 đều yếu hơn cường độ TC thám sát. Đặc điểm thứ hai là vào các tháng (5-8) phân bố tần suất cường độ TC dự tính tương lai theo RCP8.5 gần trùng với phân bố tần suất TC mô phỏng hiện tại. Đối với các tháng (9-12) có sự khác nhau trong phân bố tần suất cường độ TC (Hình 4.30b). Đó là về mùa này tần suất cường độ của những TC yếu (với Vmax trong khoảng 12-20 m/s) giảm trong khi tần suất

cường độ của những TC mạnh và rất mạnh (với  $V_{max}$  trong khoảng 30-47 m/s) lại tăng so với mô phỏng hiện tại.

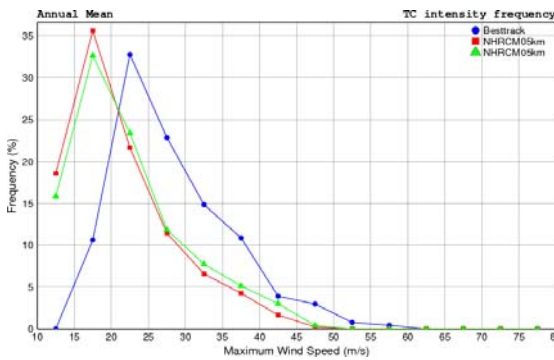
a) tháng (5-8)



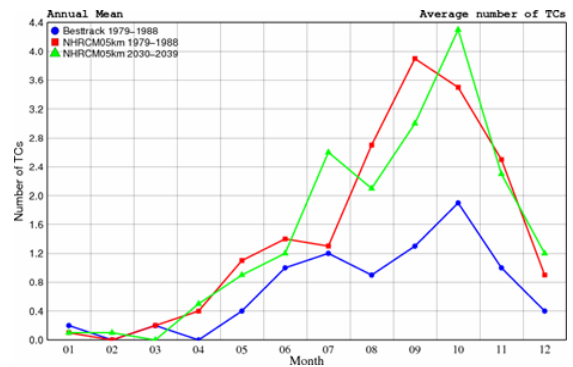
b) tháng (9-12)



c) TB năm



d) Số cơn bão TB năm theo tháng



Hình 4.30 Tần suất (%) cường độ TC (đo bằng tốc độ gió cực đại m/s) trung bình mùa (a,b) và trung bình năm (c). Số TC trung bình năm theo tháng (d). Trục tung-số TC; Trục hoành-tháng. Ký hiệu: Best track (chấm tròn xanh lam); mô phỏng của NHRCM05(1979-1988) (hình vuông đỏ); dự tính của NHRCM05 (2030-2039) theo RCP8.5 (tam giác xanh lục).

Từ diễn biến số TC trung bình năm theo tháng (Hình 4.30d) ta thấy số TC trong tương lai biến động không nhiều, giảm nhẹ trong hầu hết các tháng nhưng lại tăng vào tháng 7 và tăng mạnh và đạt cực trị vào tháng 10 trùng với tháng đạt cực trị của thám sát.

Điểm cần lưu ý là những phân tích và kết luận suy ra từ thử nghiệm T4 về mô phỏng khí hậu hiện tại (1979-1988) cũng như về dự tính khí hậu tương

lai (2030-2039) theo kịch bản RCP8.5 của NHRCM05 chỉ với độ dài 10 năm chưa đủ đặc trưng cho chu trình khí hậu nên chỉ mang tính tham khảo.

### **4.3 Thử nghiệm xây dựng kịch bản biến đổi khí hậu cho Việt Nam dựa vào kết quả nghiên cứu của thử nghiệm T3**

Từ phân tích, đánh giá kết quả nghiên cứu dự tính khí hậu tương lai gần nhận được từ thử nghiệm T3 (mục 4.1 của chương này), Đề tài thử nghiệm xây dựng kịch bản BĐKH vào năm 2025 so với thời kỳ chuẩn (1980-1999) (theo AR4 của ICPP).

Trong khuôn khổ của Đề tài BĐKH.01 việc xây dựng kịch bản giới hạn ở kịch bản về nhiệt độ trung bình T2m và mưa vào năm 2025 so với thời kỳ chuẩn (1980-1999) cho từng mùa và cho toàn năm cùng với diễn biến của TC trong tương lai gần – thời kỳ 2015-2035.

Đánh giá cực đoan của nhiệt độ (T2m.max, T2m.min) dựa vào phân bố tần suất (%) nhiệt độ T2m trung bình ngày với quan niệm rằng như vậy đã có thể nắm bắt được hiện tượng nóng (lạnh) cực đoan bởi lẽ nhiệt độ T2m trung bình của một ngày có nóng (lạnh) cực đoan phải cao hơn (thấp hơn) T2m trung bình của những ngày còn lại. Tuy nhiên việc lựa chọn như vậy thay cho chọn Tmax và Tmin chưa hợp lý nhưng trong điều kiện Đề tài chạy nhờ máy ngoài nước cho rất nhiều năm chúng tôi không thể thực hiện được việc lựa chọn cực trị từ số liệu 4 ớp do không đủ thời gian thực hiện tính toán.

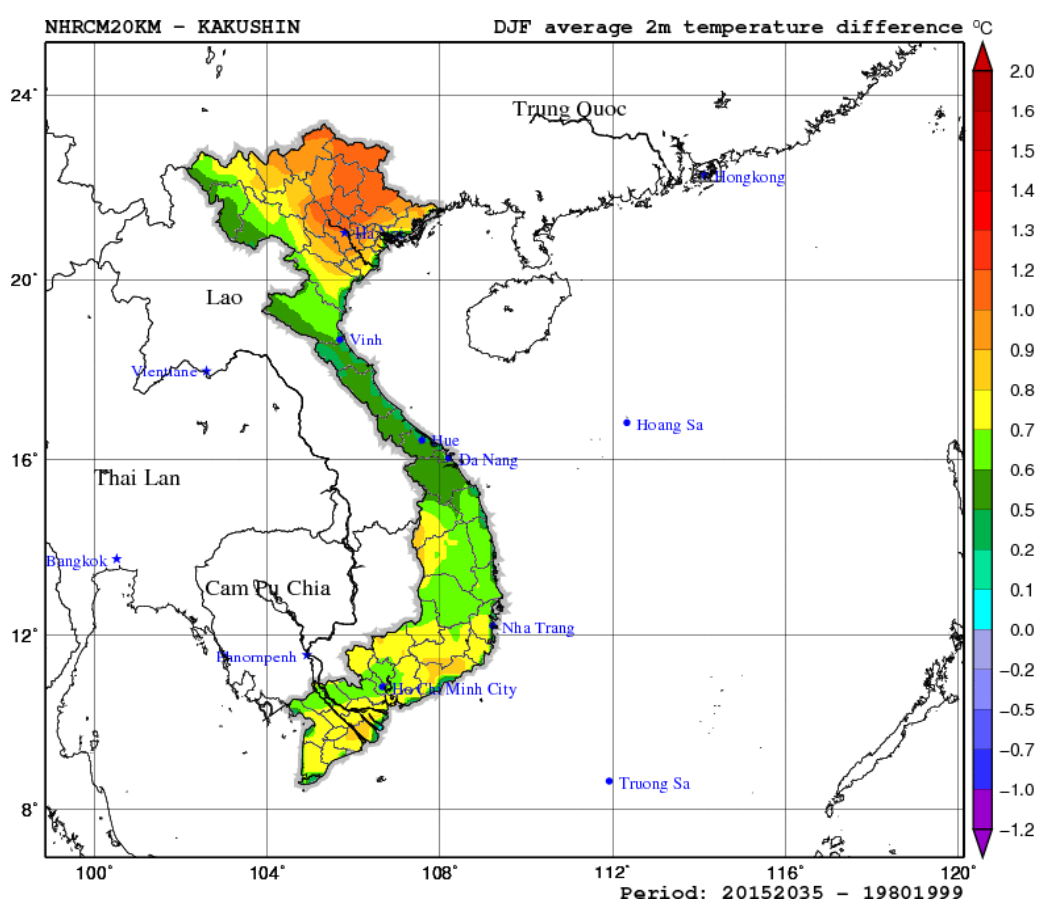
Cực đoan của lượng mưa (mưa lớn và mưa cực lớn) được đánh giá theo phân bố Loga10 tần suất (%) lượng mưa ngày. Đối với bão-TC mạnh và cực mạnh được đánh giá theo phân bố tần suất cường độ TC đo bằng tốc độ gió cực đại trong TC.

#### ***4.3.1 Kịch bản BĐKH đối với nhiệt độ trung bình mùa và năm cho Việt Nam vào năm 2025***

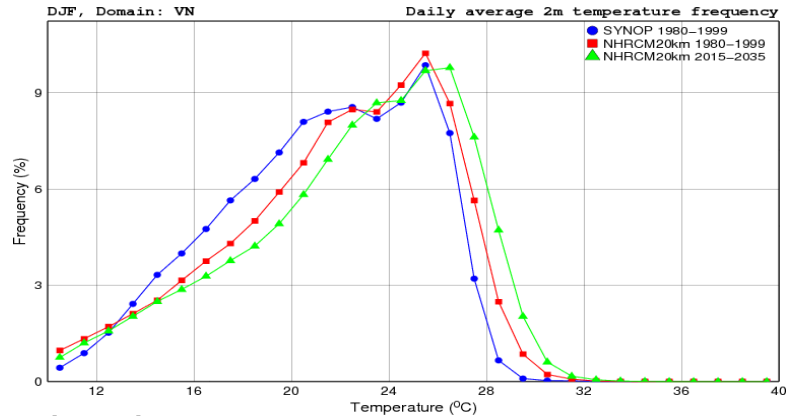
Vào năm 2025 về mùa đông (Hình 4.31a) nhiệt độ trung bình trên các khu vực của VN tăng rất khác nhau, tăng mạnh nhất trên nửa đông bắc của

BB với vùng cực trị xung quanh Hà Nội (>1. độ C). Phần phía tây nam của BB kéo dài đến Nha Trang nhiệt độ tăng nhẹ hơn (0.1 đến 0.7 độ C) trong khi trên hầu hết lãnh thổ NB tăng ít nhiều mạnh hơn (0.7-0.9 độ C). Chi tiết hơn trên từng tiểu vùng xem trên Hình 4.31a.

Histogram biểu diễn phân bố tần suất nhiệt độ T2m trên Hình 4.31b cho thấy mùa đông năm 2025 trung bình trên toàn VN tần suất xuất hiện T2m.min (<12. độ C) tăng và tần suất xuất hiện T2m.max (>28. độ C) cũng tăng.



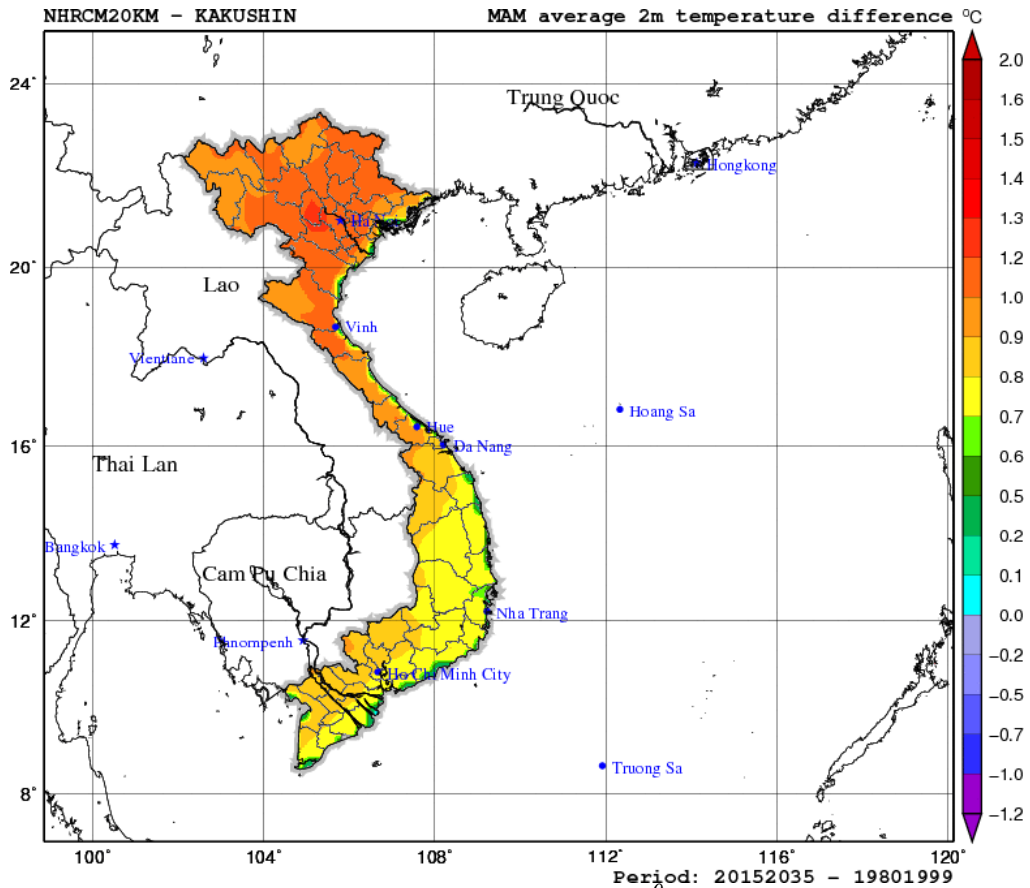
Hình 4.31a Mức độ tăng nhiệt độ trung bình mùa đông - DJF (độ C) trên lãnh thổ Việt Nam vào năm 2025 dựa theo kịch bản RCP8.5



Hình 4.31b. Tần suất (%) T2m TB ngày cho mùa đông trên lãnh thổ VN. Ký hiệu: quan trắc synop (chấm tròn xanh lam); mô phỏng của NHRCM20 cho thời kỳ hiện tại (1980-1999) (hình vuông đỏ); dự tính cho mùa đông năm 2025 theo RCP8.5 (tam giác xanh lục)

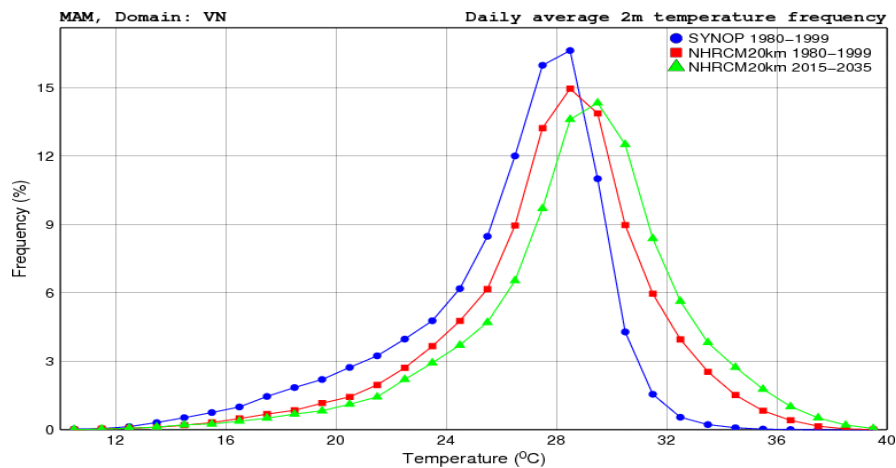
Về mùa xuân nhiệt độ trung bình trên các khu vực của VN đến năm 2025 cũng luôn tăng và khác nhau trên các khu vực khác nhau (Hình 4.32a), tăng mạnh hơn từ Đà Nẵng trở ra, mạnh nhất trên BB với vùng cực trị (1. – 1.2 độ C) giữa BB bao quanh Hà Nội (trạm Láng đạt đến 1.2 độ C). Trên nửa nước phía nam, từ Đà Nẵng trở vào hết NB nhiệt độ tăng nhẹ hơn (0.7-0.8 độ C), trong đó phía tây-tây bắc khu vực này thường tăng mạnh hơn so với phía đông-đông nam.





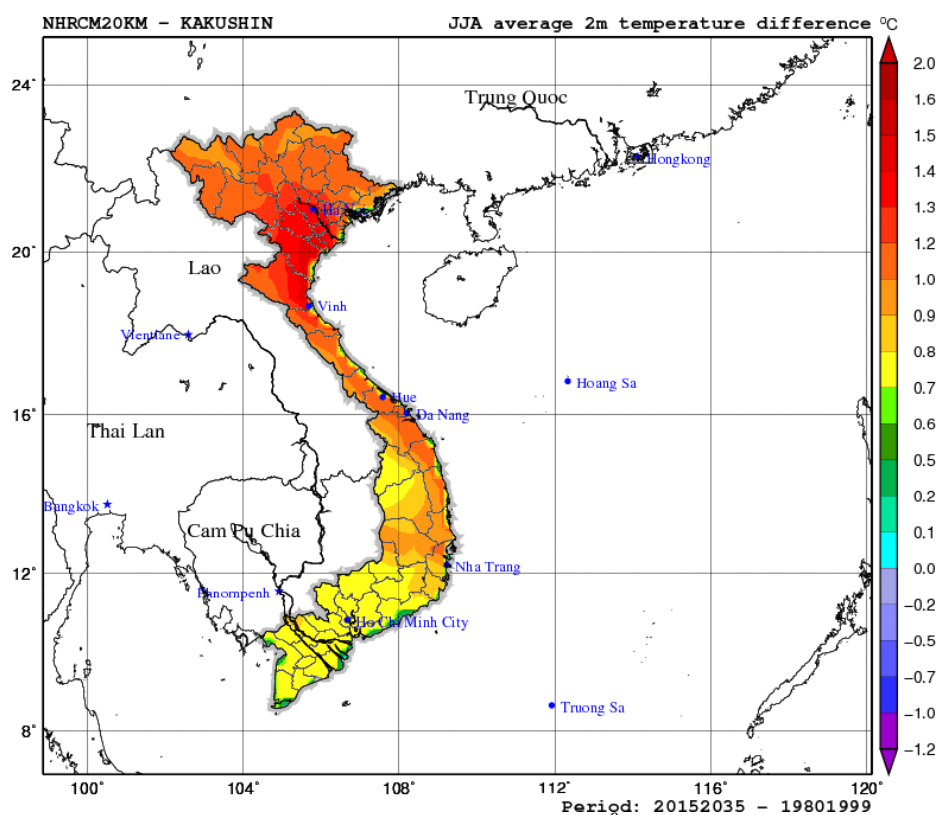
Hình 4.32a Mức độ tăng nhiệt độ trung bình ( $^{\circ}\text{C}$ ) trong mùa xuân – MAM trên lãnh thổ Việt Nam vào năm 2025 dựa theo RCP8.5.

Tần suất của những nhiệt độ T2m trung bình ngày trên Hình 4.32b cho thấy, mùa xuân năm 2025 trung bình trên toàn VN tần suất của những nhiệt độ T2m.min ( $<16^{\circ}\text{C}$ ) giảm trong khi tần suất của những nhiệt độ T2m.max ( $>32^{\circ}\text{C}$ ) lại tăng mạnh.



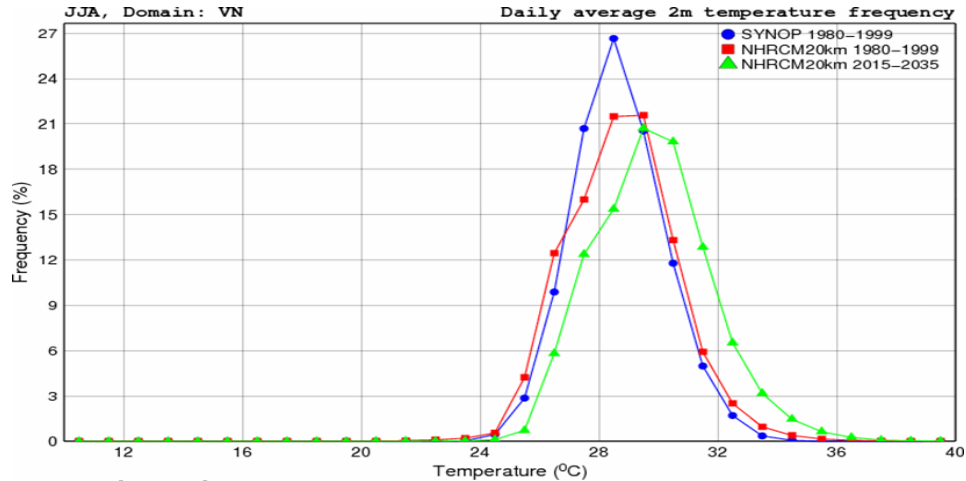


Hình 4.32b Tần suất (%) nhiệt độ 2 mét trung bình ngày cho mùa xuân. Kỳ hiệu giống như trên Hình 4.31b, nhưng cho mùa xuân.



Hình 4.33a Mức độ tăng nhiệt độ trung bình ( $^{\circ}C$ ) trong mùa hè – JJA trên lãnh thổ Việt Nam vào năm 2025 dựa theo RCP8.5.

Về mùa hè mức độ tăng nhiệt độ trung bình trên các khu vực của VN đến năm 2025 còn mạnh hơn nhiều so với mùa xuân (Hình 4.33a), trong đó suốt lãnh thổ BB đến Nha Trang tăng mạnh với vùng cực đại trên các tỉnh của đồng bằng BB đến BTB (với cực trị đến 1.5 độ C ở trạm Ninh Bình, 1.4 độ C trên các trạm Hòa Bình, Nam Định, Hồi Xuân, Vinh...). Trên vùng Tây Nguyên và Nam Bộ nhiệt độ trung bình tăng nhẹ hơn, trong khoảng 0.7-0.8 độ C.

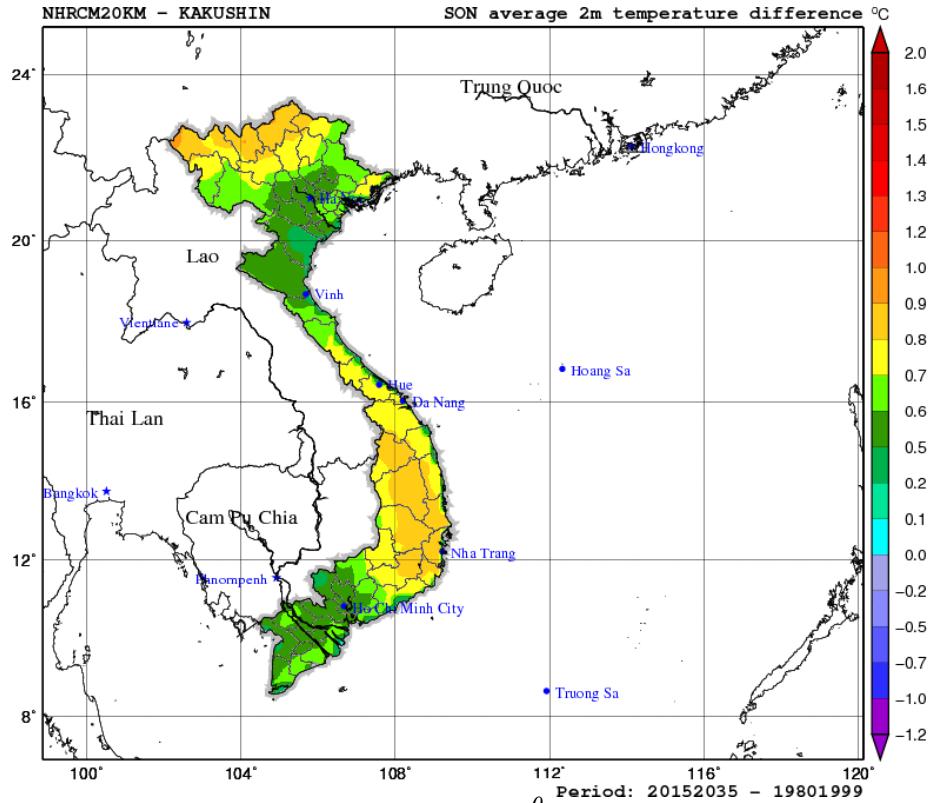


Hình 4.33b Tần suất (%) nhiệt độ 2 mét trung bình ngày cho mùa hè. Ký hiệu giống như trên Hình 4.31b, nhưng cho mùa hè.

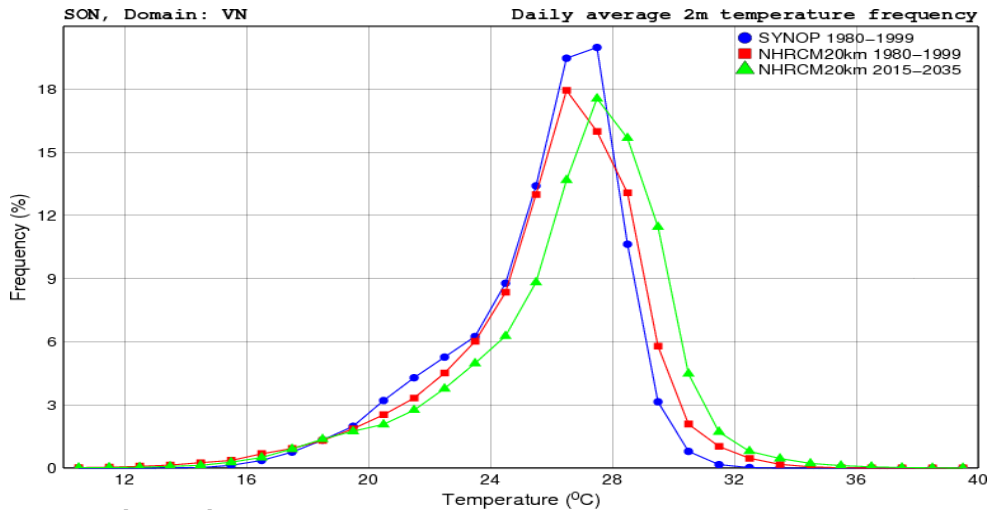
Từ Hình 4.33b ta thấy trung bình trên toàn VN vào mùa hè năm 2025 tần suất của những nhiệt độ T2m.min (<26 độ C) giảm trong khi tần suất của những T2m.max (>34 độ C) lại tăng.

Về mùa thu (Hình 4.34a) mức độ tăng nhiệt độ trung bình trên các khu vực của VN đến năm 2025 tăng nhẹ hơn nhiều so với mùa hè, khu vực tăng mạnh nhất là nửa tây bắc của BB và khu vực từ NTB đến Tây Nguyên với mức tăng trung bình 0.7-0.9 độ C. Trên các vùng còn lại của VN có mức tăng nhiệt độ trung bình trong khoảng 0.2-0.6 độ C.

Histogram phân bố tần suất (%) nhiệt độ 2m trung bình ngày (Hình 4.34b) cho thấy, mùa thu năm 2025 trung bình trên toàn VN tần suất của những nhiệt độ T2m.min (<20 độ C) rất ít biến đổi trong khi tần suất của những T2m.max (> 30 độ C) lại tăng mạnh.



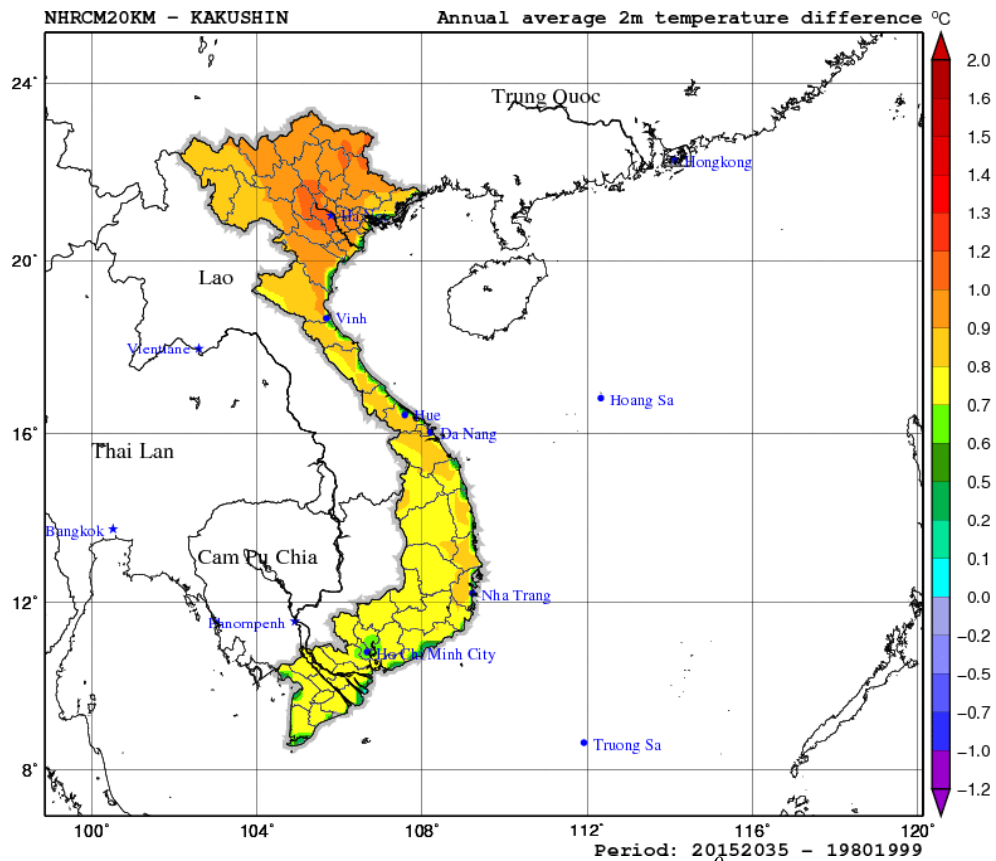
Hình 4.34a Mức tăng nhiệt độ trung bình ( $^{\circ}\text{C}$ ) trong mùa thu - SON trên lãnh thổ Việt Nam vào năm 2025 theo RCP8.5.



Hình 4.34b Tần suất (%) nhiệt độ 2 mét trung bình ngày cho mùa thu. Ký hiệu giống như trên Hình 4.31b, nhưng cho mùa thu.

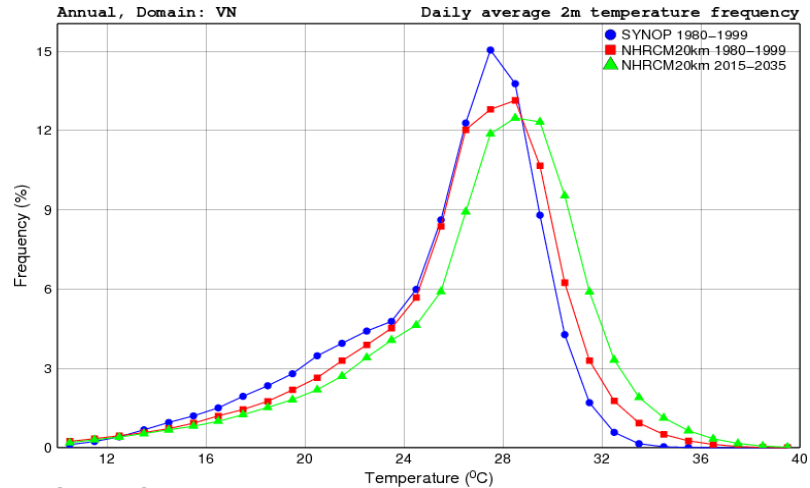
Trên trung bình năm (Hình 4.35a) nhiệt độ trung bình trên toàn lãnh thổ VN năm 2025 tăng và tăng mạnh nhất vẫn là trên khu vực BB với khu vực tăng cực đại quanh Hà Nội trải rộng về phía tây và tây bắc với mức tăng nhiệt độ từ 1.0 đến 1.2 độ C. Mức độ tăng nhiệt độ trên toàn Miền Trung nhẹ hơn

so với BB, trong khoảng 0.7-0.9 độ C, trong đó phía đông tăng mạnh hơn so với phía tây. Trên hai khu vực Tây Nguyên và NB có mức tăng nhiệt độ thấp hơn so với Miền Trung và BB với mức tăng dưới 0.8 độ C và có chỗ dưới 0.7 độ C như mũi Cà Mau và phía bắc Thành phố Hồ Chí Minh.



Hình 4.35a Mức độ tăng nhiệt độ trung bình năm ( $^{\circ}\text{C}$ ) vào năm 2025 trên lãnh thổ Việt Nam theo kịch bản RCP8.5.

Trên trung bình năm (Hình 4.35b) tần suất (%) xuất hiện của những nhiệt độ T2m.min ( $< 16$  độ C) giảm nhẹ trong khi tần suất của những nhiệt độ T2m.max ( $> 32$  độ C) lại tăng với mức độ mạnh hơn.



Hình 4.35b Tần suất (%) nhiệt độ 2 mét trung bình ngày toàn năm. Ký hiệu giống như trên Hình 4.31b, nhưng cho toàn năm.

Trên Bảng 4.3 trích ra mức tăng nhiệt độ (độ C) trung bình mùa và trung bình năm vào năm 2025 so với thời kỳ chuẩn (1980-1999) theo kịch bản BĐKH RCP8.5 cho 58 trạm synop trên lãnh thổ Việt Nam.

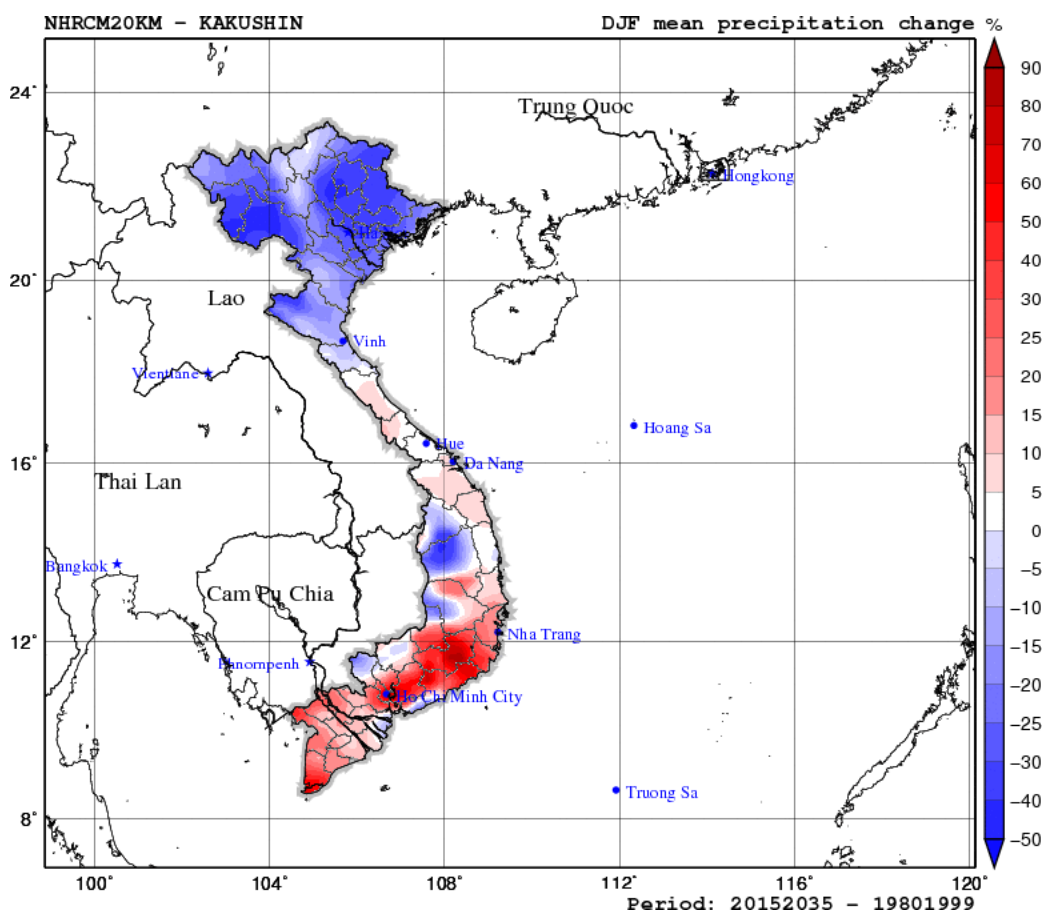
Bảng 4.3 Mức tăng nhiệt độ trung bình ( $^{\circ}C$ ) vào năm 2025 so với thời kỳ chuẩn (1980-1999) trên 58 trạm của VN dựa theo kịch bản RCP8.5

Trạm	Kinh độ	Vĩ độ	MAM	JJA	SON	DJF	TB năm
Bắc Bộ (BB)							
Hà Giang	104.97	22.82	1.0	1.0	0.9	0.9	1.0
Bắc Quang	104.87	22.5	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9
SaPa	103.82	22.35	1.0	1.1	0.9	0.9	1.0
Lai Châu	103.15	22.07	0.9	1.0	0.8	0.6	0.8
Lạng Sơn	106.77	21.83	1.1	1.1	0.7	1.0	1.0
Tuyên Quang	105.22	21.82	1.1	1.1	0.8	0.9	1.0
Yên Bái	104.87	21.7	1.1	1.1	0.7	0.9	1.0
Thái Nguyên	105.83	21.6	1.2	1.2	0.6	1.1	1.0
Điện Biên	103	21.37	0.9	1.1	0.7	0.6	0.8
Sơn La	103.9	21.33	1.0	1.1	0.7	0.7	0.9
Yên Châu	104.3	21.05	1.1	1.2	0.6	0.7	0.9
Láng	105.8	21.03	1.2	1.3	0.5	1.0	1.0
Cô Tô	107.77	20.98	0.8	0.8	0.7	0.7	0.8
Bãi Cháy	107.07	20.97	0.9	1.0	0.7	0.8	0.9
Mộc Châu	104.68	20.83	1.1	1.2	0.6	0.7	0.9
Hòa Bình	105.33	20.82	1.2	1.4	0.5	0.9	1.0
Phủ Liễn	106.63	20.8	1.0	1.1	0.7	0.8	0.9
Thái Bình	106.35	20.45	1.0	1.3	0.6	0.8	0.9

<b>Trạm</b>	<b>Kinh độ</b>	<b>Vĩ độ</b>	<b>MAM</b>	<b>JJA</b>	<b>SON</b>	<b>DJF</b>	<b>TB năm</b>
Nam Định	106.15	20.39	1.0	1.4	0.5	0.8	0.9
Ninh Bình	105.97	20.23	1.0	1.5	0.5	0.8	0.9
Bạch Long Vĩ	107.72	20.13	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7
<b>Bắc Trung Bộ (BTB)</b>							
Hồi Xuân	105.12	20.37	1.2	1.4	0.5	0.8	1.0
Hương Khê	105.72	18.18	1.1	1.2	0.6	0.5	0.9
Thanh Hóa	105.78	19.75	1.0	1.5	0.5	0.8	0.9
Tương Dương	104.43	19.28	1.0	1.2	0.5	0.6	0.8
Vinh	105.7	18.67	1.1	1.4	0.6	0.6	0.9
Hà Tĩnh	105.9	18.35	1.0	1.3	0.6	0.6	0.9
Kỳ Anh	106.28	18.07	1.0	1.2	0.7	0.6	0.9
Tuyên Hóa	106.02	17.88	1.0	1.1	0.6	0.5	0.8
Đông Hới	106.6	17.48	0.8	0.9	0.7	0.6	0.8
Đông Hà	107.08	16.85	1.0	1.1	0.7	0.5	0.8
Huế	107.58	16.43	0.9	1.1	0.8	0.6	0.8
A Lưới	107.28	16.22	1.0	1.0	0.8	0.5	0.8
Nam Đông	107.72	16.17	0.9	1.1	0.8	0.6	0.8
Đà Nẵng	108.2	16.03	0.8	1.1	0.8	0.6	0.8
<b>Nam Trung Bộ (NTB)</b>							
Trà My	108.25	15.33	0.8	1.1	0.8	0.6	0.8
Quảng Ngãi	108.8	15.12	0.7	1.1	0.7	0.7	0.8
Ba Tơ	108.73	14.77	0.8	1.0	0.8	0.6	0.8
Kon Tum	108	14.33	0.8	0.8	0.8	0.7	0.8
Pleiku	108.02	13.97	0.8	0.8	0.8	0.7	0.8
Quy Nhơn	109.22	13.77	0.7	0.8	0.8	0.7	0.8
Ayunpa	108.45	13.38	0.8	0.9	0.8	0.7	0.8
Tuy Hòa	109.28	13.08	0.7	1.0	0.8	0.7	0.8
Buôn Mê Thuột	108.05	12.67	0.8	0.9	0.8	0.6	0.8
Nha Trang	109.2	12.22	0.7	0.8	0.8	0.7	0.8
Đak Nông	107.68	12	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Phan Rang	108.98	11.58	0.7	0.8	0.8	0.7	0.7
Phan Thiết	108.1	10.93	0.8	0.7	0.7	0.8	0.7
Phú Quý	108.93	10.52	0.7	0.7	0.8	0.7	0.7
Đà Lạt	108.45	11.95	0.8	0.8	0.8	0.7	0.8
Bảo Lộc	107.82	11.53	0.8	0.8	0.7	0.7	0.8
<b>Nam Bộ (NB)</b>							
Vũng Tàu	107.08	10.37	0.7	0.7	0.7	0.8	0.7
Phú Quốc	103.97	10.22	0.8	0.8	0.7	0.8	0.8
Cần Thơ	105.77	10.02	0.8	0.8	0.6	0.8	0.7
Rạch Giá	105.07	10	0.8	0.8	0.6	0.7	0.7
Cà Mau	105.15	9.18	0.8	0.7	0.6	0.7	0.7

Trạm	Kinh độ	Vĩ độ	MAM	JJA	SON	DJF	TB năm
Côn Đảo	106.6	8.68	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Trường Sa	111.92	8.65	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8

#### 4.3.2 Kích bản biến đổi khí hậu đối với lượng mưa mùa và lượng mưa năm cho Việt Nam dựa theo kịch bản RCP8.5

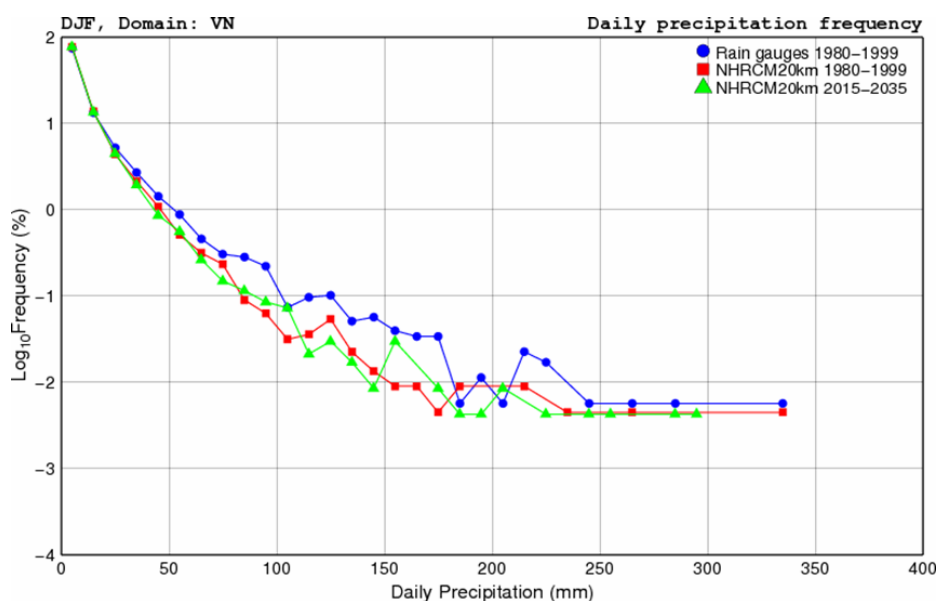


Hình 4.36a Mức độ biến đổi lượng mưa trung bình (%) trong mùa đông trên lãnh thổ Việt Nam vào năm 2025 theo kịch bản RCP8.5

Theo kịch bản RCP8.5 lượng mưa ở VN vào mùa đông năm 2025 (Hình 4.36a) có xu hướng giảm trên hầu hết lãnh thổ BB cho đến Nghệ An và phần lớn đất Hà Tĩnh, giảm mạnh nhất ở hai phía tây và đông của BB (Sa Pa giảm 28.7%, Lai Châu giảm 22.8%, Lạng Sơn giảm 30.9%, Tuyên Quang giảm 36.7%, Thái Nguyên giảm 36.1%, Sơn La giảm 45.2%, Yên Châu giảm 41.0%, Mộc Châu giảm 32.9%,...). Mưa cũng giảm mạnh trên vùng KonTum (52.6%), Pleiku (41.6%), trong khi từ nam Hà Tĩnh đến Quảng Ngãi lượng mưa ít biến đổi hoặc tăng nhẹ (5-10%), nhưng trên một vùng của Quảng



Bình-Quảng Trị mưa ít biến đổi. Từ Nha Trang đến suốt NB lượng mưa tăng và tăng mạnh trên khu vực giữa Nha Trang, nam Tây Nguyên và bắc Thành phố Hồ Chí Minh (Đak Nông tăng 44%, Phan Rang tăng 38%, Đà Lạt tăng 51%, Bảo Lộc tăng 32%). Mưa cũng tăng mạnh trên vùng NB (Rạch Giá-lượng mưa tăng 22.8 % và trên Cà Mau tăng 26.2 %).

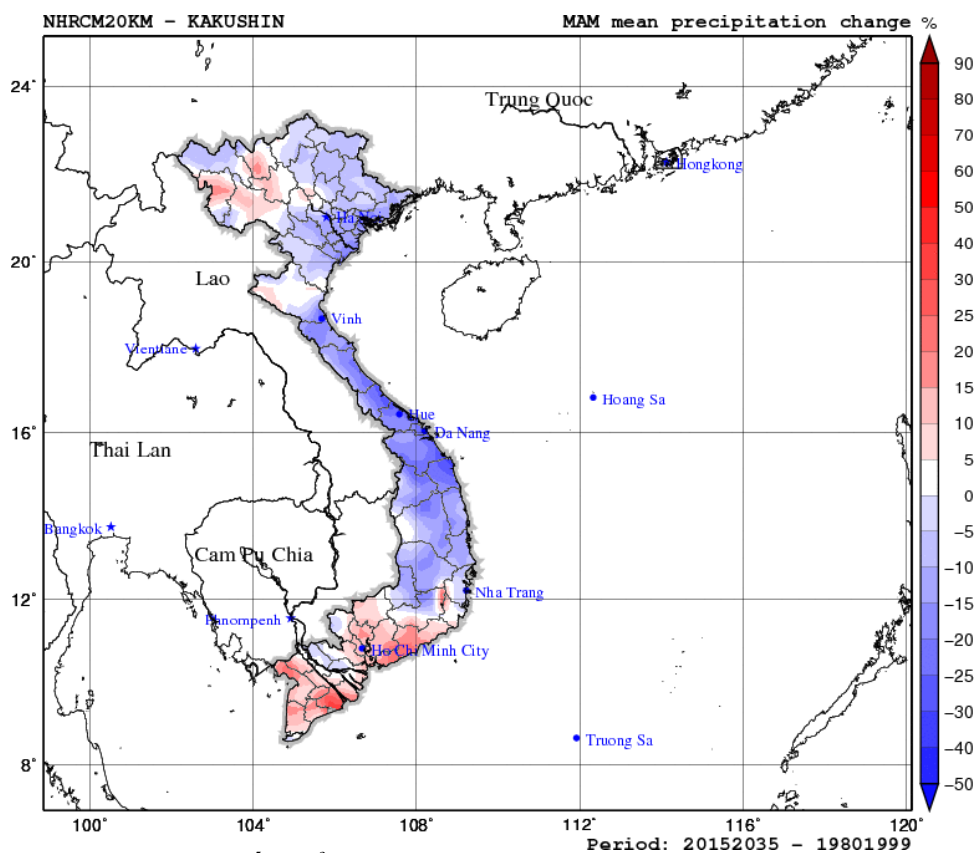


Hình 4.36b Loga10 tần suất (%) lượng mưa ngày trung bình trên toàn VN vào mùa đông. Ký hiệu: quan trắc thời kỳ 1980-1999 (chấm tròn xanh lam); mô phỏng thời kỳ 1980-1999 (hình vuông đỏ); dự tính cho mùa đông năm 2025 dựa theo kịch bản RCP8.5 (tam giác xanh lục)

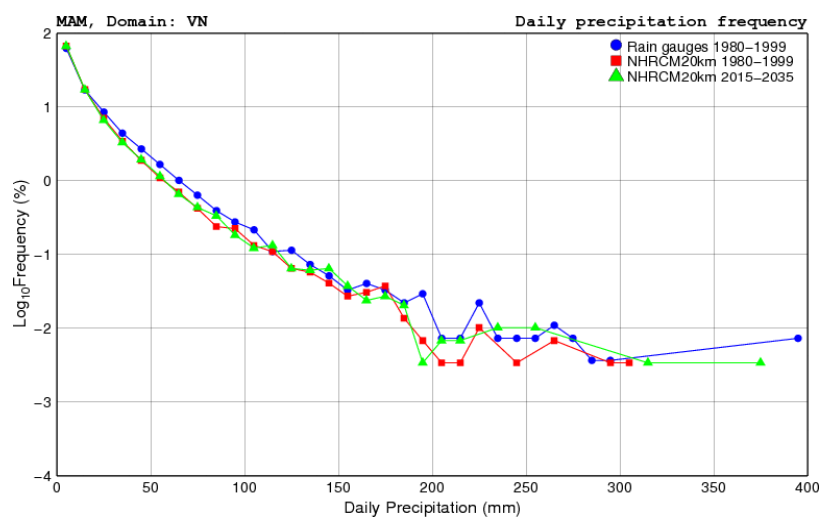
Loga10 tần suất lượng mưa ngày trên Hình 4.36b cho thấy mùa đông năm 2025 tần suất mưa lớn với mọi ngưỡng > 50 mm/ngày hầu như luôn luôn giảm trong đó giảm mạnh nhất trong khoảng ngưỡng mưa 100 – 200 mm/ngày

Về mùa xuân năm 2025 (Hình 4.37a), theo kịch bản RCP8.5, lượng mưa trung bình ở VN trên phần lớn lãnh thổ VN là giảm, giảm mạnh hơn trên ven biển BB và suốt dải Miền Trung từ nam Nghệ An đến Nha Trang (trên các trạm Đông Hà, Đồng Hới giảm đến 24-25%, vùng quanh Đà Nẵng giảm trên 26%). Trên BB có vùng với lượng mưa trung bình tăng ở phía tây bắc (Điện Biên tăng 12.6% hay ở Sơn La tăng 14.6%). Trên hầu hết lãnh thổ Tây

Nguyên đến NB có lượng mưa trung bình tăng, tăng mạnh ở Đà Lạt đến 24.3% hay ở Phú Quý đến 21.7% và Cà Mau, Côn Đảo tăng trên 14%.

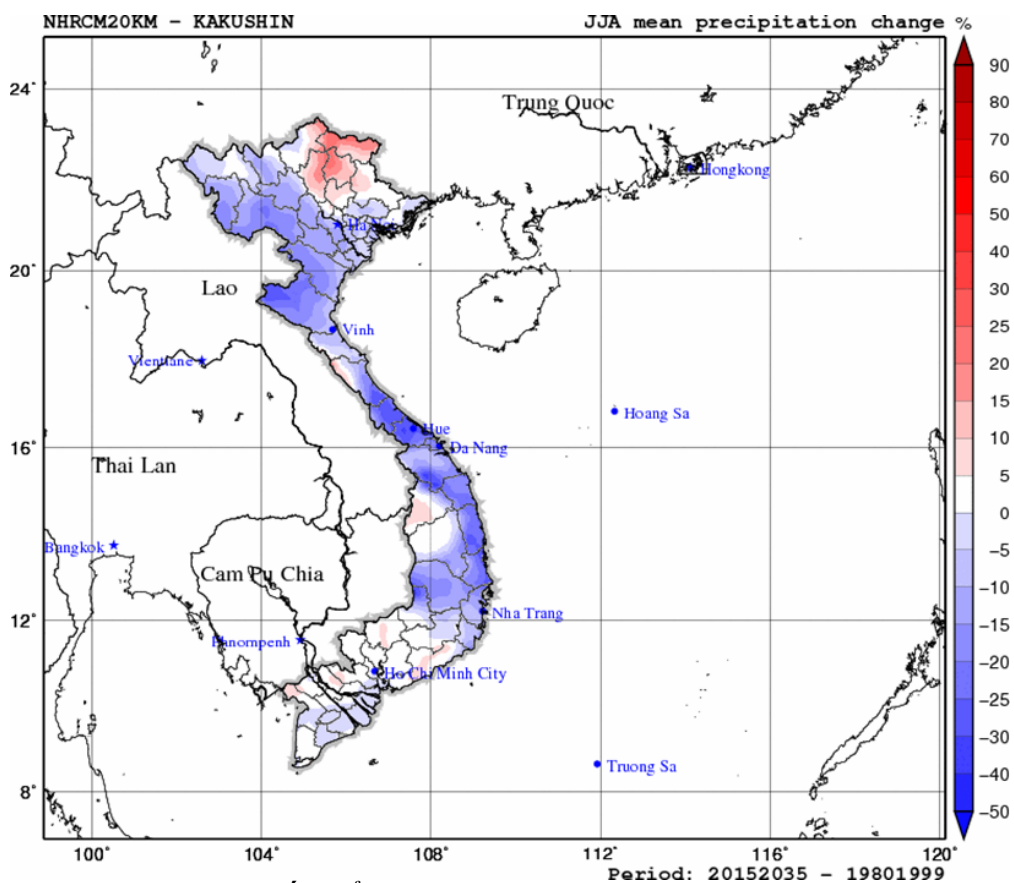


Hình 4.37a Mức độ biến đổi lượng mưa TB (%) trong mùa xuân trên lãnh thổ Việt Nam vào năm 2025 theo kịch bản RCP8.5



Hình 4.37b Loga<sub>10</sub> tần suất (%) lượng mưa ngày trung bình trên VN vào mùa xuân. Ký hiệu giống như trên Hình 4.36b.

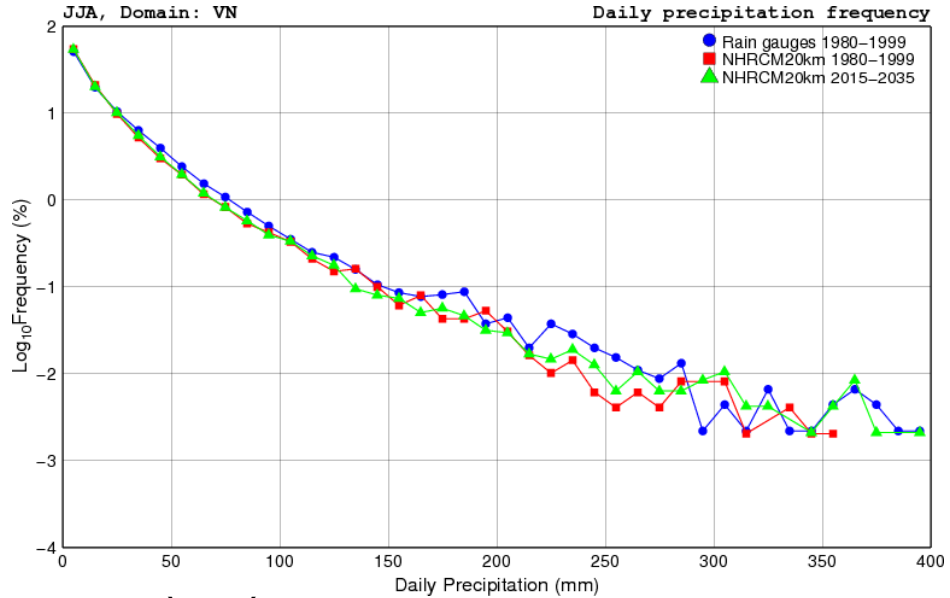
Phân bố loga<sub>10</sub> tần suất (%) lượng mưa ngày trung bình (Hình 4.37b) cho thấy vào mùa xuân năm 2025 tần suất lượng mưa rất lớn (150 – 230 mm/ngày) giảm nhưng lại tăng nhẹ với mưa lớn hơn (230 – 300 mm/ngày). Mưa cực mạnh (300 mm/ngày) lại giảm.



Hình 4.38a Mức độ biến đổi lượng mưa TB (%) trong mùa hè trên lãnh thổ Việt Nam vào năm 2025 theo kịch bản RCP8.5

Lượng mưa trung bình vào mùa hè năm 2025 theo kịch bản RCP8.5 (Hình 4.38a) giảm trên phần lớn lãnh thổ BB và Miền Trung VN, giảm mạnh ở vùng Quảng Bình, Quảng Trị, Thừa Thiên Huế (mức giảm quanh Đông Hà-Huế ~ 25%, ở A Lưới đến ~ 31%). Trên vùng Quảng Nam-Quảng Ngãi có vùng lượng mưa giảm đến trên 20% (ở trạm Ba Tư là 23.4%). Trên vùng NB lượng mưa trung bình giảm nhẹ hơn, tuy nhiên cũng có một vùng trên phía bắc của BB có lượng mưa trung bình tăng xung quanh Tuyên Quang-Lạng Sơn với mức tăng trung bình 15-20%. Trong khi trên hầu hết BB kéo dài đến

Nha Trang lượng mưa giảm, giảm mạnh hơn trên phía ven biển. Tuy nhiên cũng có một vùng lượng mưa tăng nhẹ trên Kon Tum, Pleiku. Trên hầu hết lãnh thổ NB lượng mưa biến đổi ít trong khoảng tăng hoặc giảm 5%.

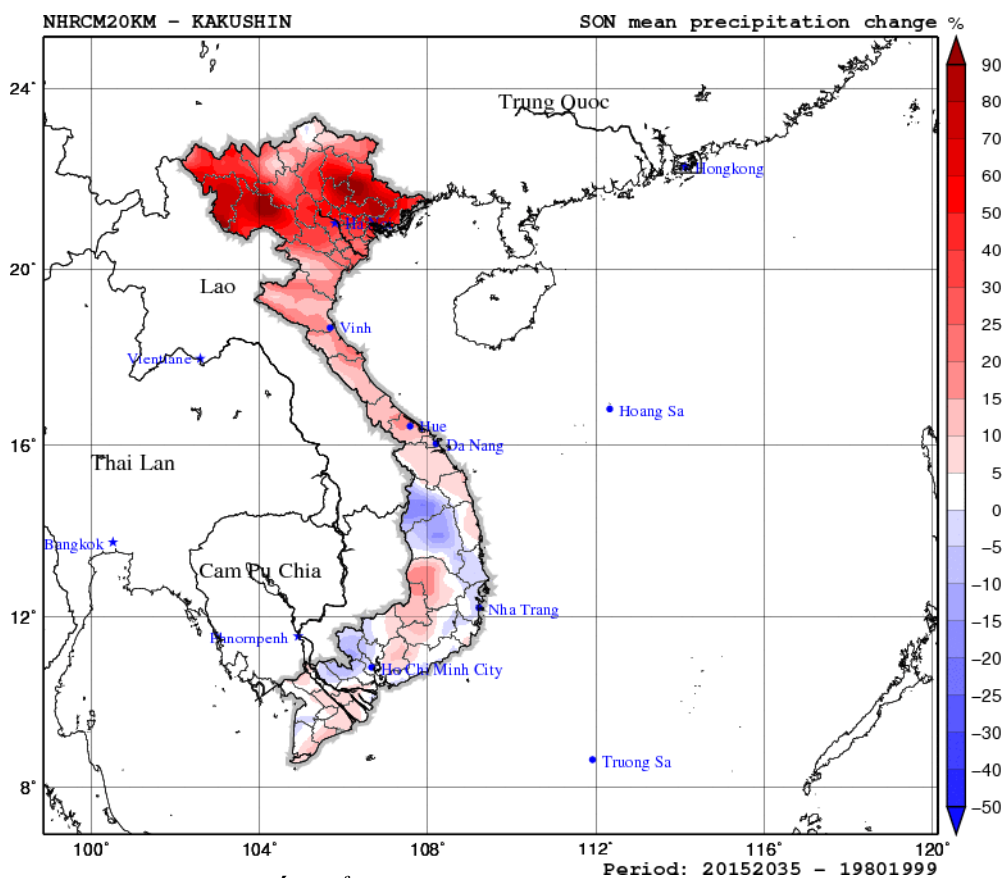


Hình 4.38b Loga<sub>10</sub> tần suất (%) lượng mưa ngày trung bình trên VN vào mùa hè. Ký hiệu giống như trên Hình 4.36b, nhưng cho mùa hè.

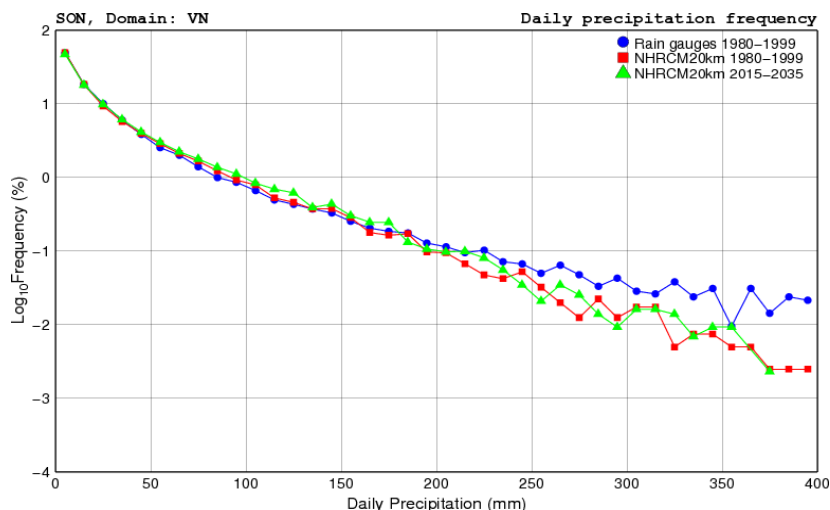
Phân bố loga<sub>10</sub> tần suất (%) mưa ngày TB (Hình 4.38b) mùa hè năm 2025 có tần suất mưa lớn và rất lớn (100 – 280 mm/ngày) sẽ giảm, trong khi đối với mưa cực lớn hơn (>280 mm/ngày) lại có xu hướng tăng.

Về mùa thu năm 2025, theo kịch bản RCP8.5 (Hình 4.39a) lượng mưa TB tăng trên phần lớn lãnh thổ VN, tăng mạnh nhất trên BB, đặc biệt trên khu vực đông bắc của BB (Điện Biên tăng >74%, Bãi Cháy >75%, Thái Nguyên >65%, Lai Châu 65%). Trên khu vực BTB lượng mưa trung bình mùa thu năm 2025 vẫn luôn tăng tuy vậy so với BB thì mức tăng trung bình nhẹ hơn và trong khoảng 5-20%, trong đó tăng mạnh nhất ở Hà Tĩnh (tại trạm Kỳ Anh tăng đến 20.3%). Trên khu vực NTB lượng mưa tăng nhẹ hơn so với BTB trong khi trên vùng Kon Tum-Pleiku mưa lại giảm nhẹ, giảm trung bình 10-12% nhưng trên khu vực nam Tây Nguyên lượng mưa trung bình lại tăng (trạm Dak Nông tăng >15%). Trên đồng bằng NB lượng mưa chỉ tăng nhẹ (5-

10%) trong khi trên vùng ven biển NB mưa lại giảm nhẹ (ở Phú Quốc giảm ~3%, Côn Đảo giảm ~4%).



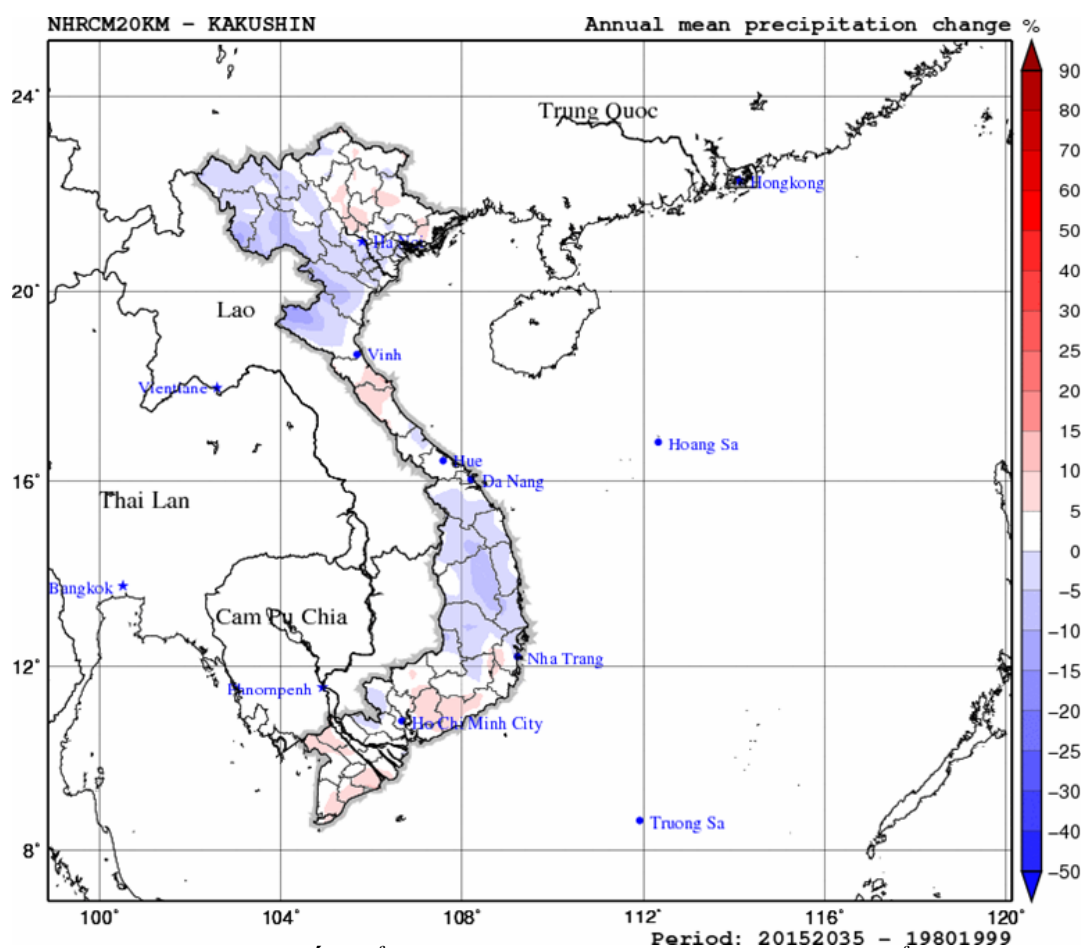
Hình 4.39a Mức độ biến đổi lượng mưa TB (%) trong mùa thu trên lãnh thổ Việt Nam vào năm 2025 theo kịch bản RCP8.5



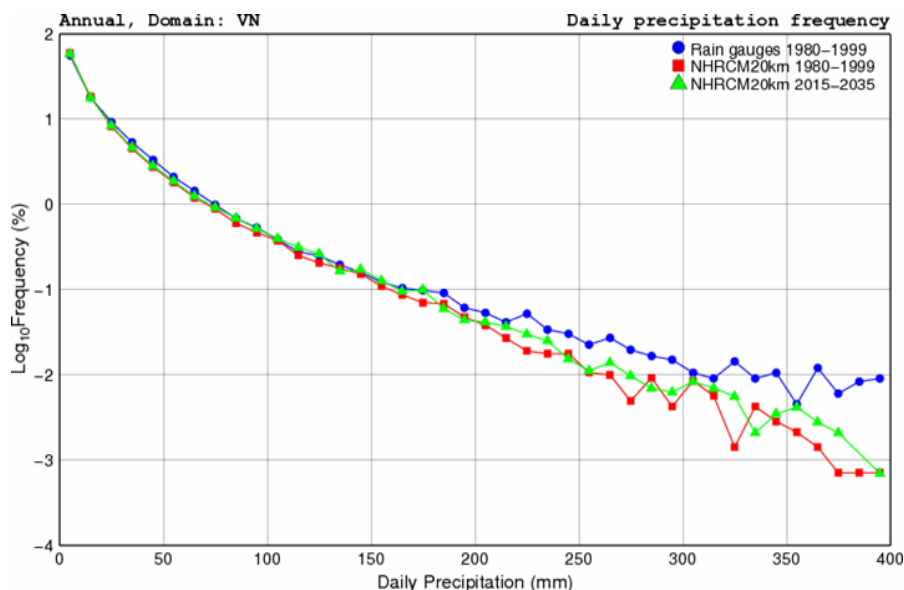
Hình 4.39b Loga10 tần suất (%) lượng mưa ngày trung bình vào mùa thu. Ký hiệu giống như trên Hình 4.36b.

Theo kịch bản RCP8.5 vào mùa thu năm 2025 (Hình 4.39b) tần suất mưa lớn trên VN (100 – 175 mm/ngày) có xu hướng tăng, ngược lại tần suất mưa cực lớn (175 – 370 mm/ngày) lại giảm.

Mức độ biến đổi lượng mưa năm vào năm 2025 theo kịch bản RCP8.5 (Hình 4.40a) trên lãnh thổ VN có sự tăng, giảm khác nhau trên các khu vực. Trên nửa tây nam của BB đến Nghệ An lượng mưa trung bình giảm trong khoảng 5-15%, trong khi trên một bộ phận phía bắc- đông bắc của BB mưa lại tăng nhẹ (1-10%). Trên phần lớn vùng NTB và Tây Nguyên mưa giảm nhẹ (cỡ 5-10%) còn trên hầu hết miền đất NB mưa lại tăng nhẹ (trung bình tăng 0-10%).



Hình 4.40a Mức độ biến đổi lượng mưa năm (%) trên lãnh thổ Việt Nam vào năm 2025 theo kịch bản RCP8.5.



Hình 4.40b Loga10 tần suất (%) lượng mưa ngày trung bình năm. Ký hiệu giống như trên Hình 4.36b.

Theo phân bố loga10 tần suất (%) lượng mưa TB ngày cho toàn năm trên lãnh thổ VN cho trên Hình 4.40b ta thấy theo kịch bản RCP8.5 vào năm 2025 tần suất mưa với ngưỡng < 150 mm/ngày gần như không đổi trong khi tần suất mưa cực lớn (150 – 400 mm/ngày) luôn luôn giảm và giảm càng mạnh đối với mưa càng lớn.

Trên Bảng 4.4 trích ra mức độ biến đổi lượng mưa trung bình (%) mùa và năm vào năm 2025 so với thời kỳ (1980-1999) theo kịch bản BĐKH RCP8.5 cho 58 trạm synop trên lãnh thổ Việt Nam

Bảng 4.4 Mức độ biến đổi lượng mưa trung bình (%) vào năm 2025 so với thời kỳ (1980-1999) theo kịch bản RCP8.5

Trạm	Kinh độ	Vĩ độ	MAM	JJA	SON	DJF	TB năm
Bắc Bộ (BB)							
Hà Giang	104.97	22.82	-3.7	1.0	14.4	1.4	0.8
Bắc Quang	104.87	22.5	-1.3	-0.1	19.7	-1.7	0.9
SaPa	103.82	22.35	9.2	-15	28.1	-28.7	-6.6
Lai Châu	103.15	22.07	4.5	0.3	55	-22.8	2.8
Lạng Sơn	106.77	21.83	-6.9	-0.1	50.6	-30.9	0.6
Tuyên Quang	105.22	21.82	-2.1	11.4	40.4	-36.7	5.5
Yên Bái	104.87	21.7	2.2	-11.5	29.1	-6.2	-2.5
Thái Nguyên	105.83	21.6	-1.2	4.3	65	-36.1	6.4



<b>Trạm</b>	<b>Kinh độ</b>	<b>Vĩ độ</b>	<b>MAM</b>	<b>JJA</b>	<b>SON</b>	<b>DJF</b>	<b>TB năm</b>
Điện Biên	103	21.37	12.6	-15.6	74.4	-34.3	-3.8
Sơn La	103.9	21.33	14.6	-19.7	82	-45.2	-8.5
Yên Châu	104.3	21.05	2.6	-19.2	59.4	-41	-7.9
Láng	105.8	21.03	-9.5	-7.1	43.4	-31.7	-0.2
Cô Tô	107.77	20.98	2.5	2.8	19.2	-1.7	6.5
Bãi Cháy	107.07	20.97	-17.4	4.6	75.3	-22.2	7.7
Mộc Châu	104.68	20.83	-0.4	-15.5	46.8	-32.9	-3.3
Hòa Bình	105.33	20.82	-11.9	-13.1	37	-22.9	-2.7
Phủ Liễn	106.63	20.8	-18.1	-8.2	45.5	-24.7	-1.7
Thái Bình	106.35	20.45	-12.9	-2.4	22.4	-23.3	0.8
Nam Định	106.15	20.39	-13.6	-10.2	23.9	-22.1	-1.9
Ninh Bình	105.97	20.23	-10.6	-7.7	23	-18.1	0.7
Bạch Long Vĩ	107.72	20.13	0.8	17.7	15.2	-24.6	12.5
<b>Bắc Trung Bộ (BTB)</b>							
Hội Xuân	105.12	20.37	-2.9	-16.7	16.6	-10.6	-4.6
Hương Khê	105.72	18.18	-17.6	-3.3	12.7	-4.9	2.9
Thanh Hóa	105.78	19.75	-0.1	-11	12.7	-18	-1.4
Tương Dương	104.43	19.28	10.7	-24.5	7.4	-12.9	-9.1
Vinh	105.7	18.67	-24.8	-9.0	14.5	-9.3	2.1
Hà Tĩnh	105.9	18.35	-14.2	-6.8	17.1	-7.6	5.8
Kỳ Anh	106.28	18.07	-17.6	-6.1	20.3	3.7	9.5
Tuyên Hóa	106.02	17.88	-15.8	-6.0	16.2	4.2	6.3
Đồng Hới	106.6	17.48	-24.3	-18.3	12.1	2.1	1.6
Đồng Hà	107.08	16.85	-24.9	-25.4	12.5	3.4	-1.0
Huế	107.58	16.43	-20.3	-24.6	16.8	3.1	2.2
A Lưới	107.28	16.22	-18.9	-30.9	13.7	2.9	2.6
Nam Đông	107.72	16.17	-20.5	-26	13.3	2.7	1.2
Đà Nẵng	108.2	16.03	-26.3	-20.9	9.7	6.3	1.4
<b>Nam Trung Bộ (NTB)</b>							
Trà My	108.25	15.33	-22.8	-16.4	6.8	7.3	-1.1
Quảng Ngãi	108.8	15.12	-29	-16.4	10.6	7.8	1.7
Ba Tơ	108.73	14.77	-20.3	-23.4	4.8	5.9	-2.6
Kon Tum	108	14.33	-22.9	5.9	-11.5	-52.2	-1.8
Pleiku	108.02	13.97	-5.3	3.2	-9.1	-41.6	-0.7
Quy Nhơn	109.22	13.77	-7.7	-20.3	4.7	1.4	0.1
Ayunpa	108.45	13.38	-16.6	-13.0	-1.0	40	-5.3
Tuy Hòa	109.28	13.08	-12.5	-26.4	-1.1	11	-2.4
Buôn Mê Thuột	108.05	12.67	-14.4	-16.1	16	-13.7	-3.6
Nha Trang	109.2	12.22	2.6	-15.6	-2.1	15.4	-0.4

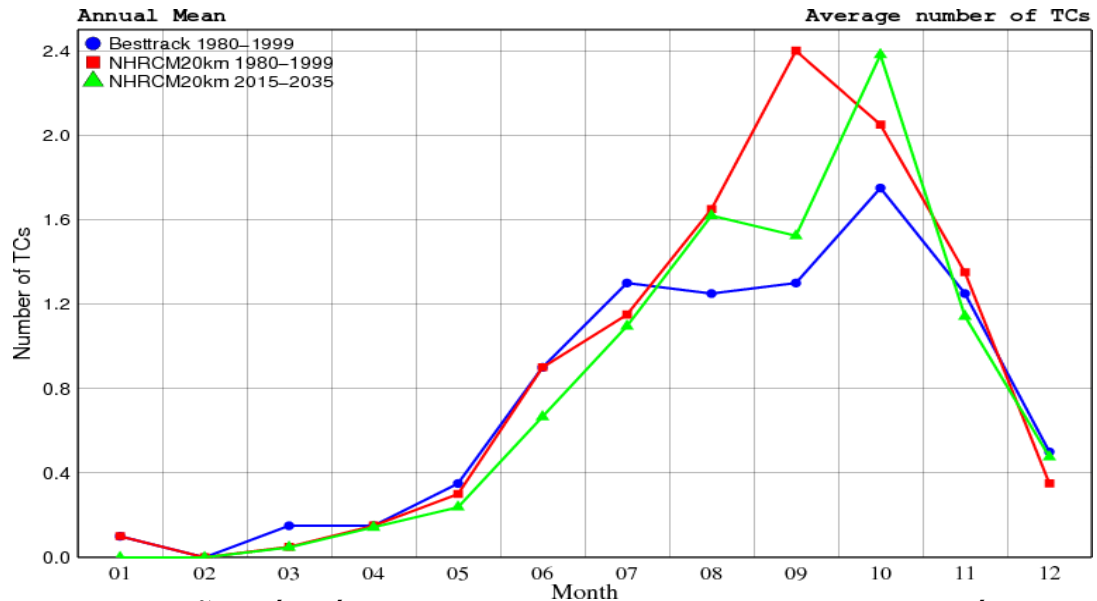
<b>Trạm</b>	<b>Kinh độ</b>	<b>Vĩ độ</b>	<b>MAM</b>	<b>JJA</b>	<b>SON</b>	<b>DJF</b>	<b>TB năm</b>
Đak Nông	107.68	12	-9	2.2	15.1	44.9	4.6
Phan Rang	108.98	11.58	6.7	-12.6	6.2	38.1	4.5
Phan Thiết	108.1	10.93	14.6	4.0	1.4	26.6	6.0
Phú Quý	108.93	10.52	21.7	-10.1	-4	16.9	-3.3
Đà Lạt	108.45	11.95	23.4	3.3	-3.1	51.5	4.8
Bảo Lộc	107.82	11.53	8.0	1.9	10.6	32.2	4.7
<b>Nam Bộ (NB)</b>							
Vũng Tàu	107.08	10.37	14.2	-0.9	-0.9	-2.0	0.4
Phú Quốc	103.97	10.22	11.2	8.9	-3.2	9.6	5.2
Cần Thơ	105.77	10.02	6.0	1.7	9.3	13.4	5.5
Rạch Giá	105.07	10.0	9.7	-0.6	4.2	22.8	2.9
Cà Mau	105.15	9.18	14.7	1.8	4.9	26.5	6.0
Côn Đảo	106.6	8.68	14.2	-6.3	-4.5	-2.7	-2.4
Trường Sa	111.92	8.65	6.2	-9.7	4.4	14.0	1.3

#### ***4.3.3 Dự tính diễn biến của số cơn TC hoạt động trên BĐ, ảnh hưởng và đổ bộ vào đất liền Việt Nam trong tương lai gần (2015-2035) dựa vào kịch bản RCP8.5.***

Theo chúng tôi, hoạt động của TCs trên Thái Bình Dương phụ thuộc trước hết và mạnh nhất vào hoạt động của mặt trời (với chu kỳ từ 3-4 năm đến 11-12 năm) vì thế với chuỗi số liệu chạy 20 năm và chọn ngẫu nhiên giữa thời kỳ chuẩn và thời kỳ tương lai gần sẽ chưa đủ dài để có thể xây dựng kịch bản BĐKH đối với hoạt động TCs trên BĐ kiểu như đối với nhiệt độ hay lượng mưa thực hiện trong hai mục 4.4.1. và 4.4.2. Vì vậy dưới đây chúng tôi chỉ trình bày xu thế diễn biến của hoạt động TCs trong 20 năm tương lai gần so với thời kỳ chuẩn.

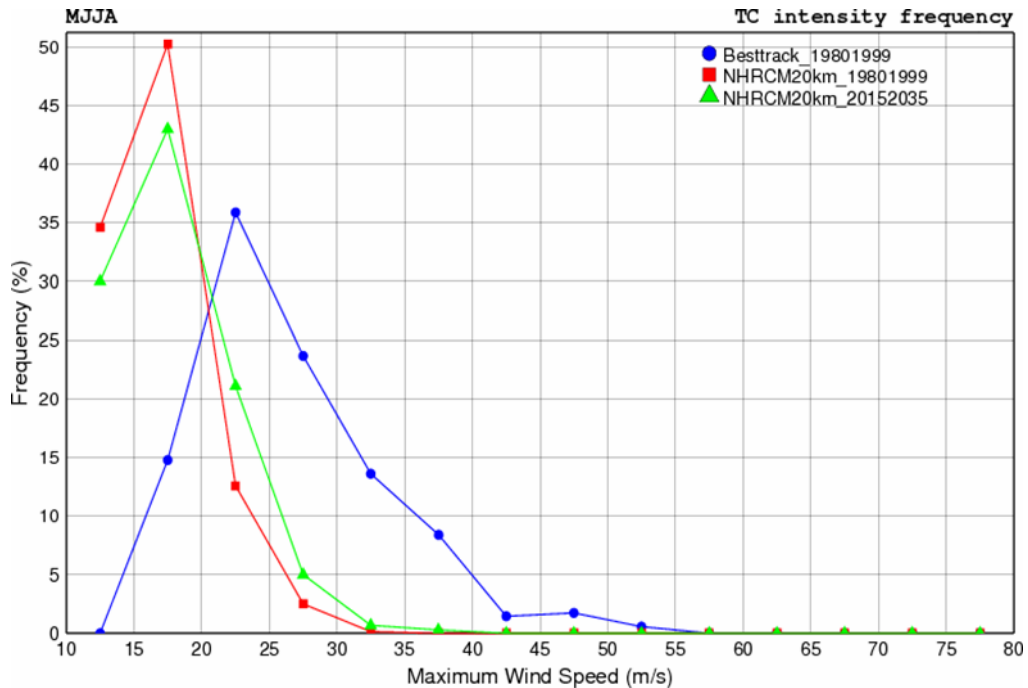
Từ phân tích và đánh giá kết quả nghiên cứu của mục 4.1.3 (thử nghiệm T3) của chương này Đề tài trích kết quả dự tính của NHRCM20 về những cơn TC hoạt động trên khu vực VN-BĐ trong thời kỳ 2015-2035 cho xây dựng kịch bản để đối chiếu sự diễn biến của TC theo Best track của thời kỳ (1980-1999) với TC mô phỏng của thời kỳ (1980-1999) và với TC dự tính thời kỳ (2015-2035) dựa theo RCP8.5 bao gồm: 1) Số trung bình năm của các

con TC cho từng tháng, 2) Tần suất cường độ TC của 4 tháng (5-8), 3) Tần suất cường độ TC của 4 tháng (9-12) và 4) Dự tính xu thế diễn biến số con TC trong tương lai (2015-2035).



Hình 4.41 Diễn biến số cơn TC trung bình theo tháng. Ký hiệu: số TC theo Best track của JMA thời kỳ 1980-1999 (chấm tròn xanh lam); số TC mô phỏng của NHRCM20 thời kỳ 1980-1999 (hình vuông đỏ); số TC dự tính của NHRCM20 thời kỳ 2015-2035 dựa theo RCP8.5 (tam giác xanh lục).

Hình 4.41 cho thấy trong các tháng (2-7) thì mô phỏng hiện tại và dự tính tương lai theo kịch bản RCP8.5 đều cho số cơn TC thấp hơn so với thám sát thời kỳ chuẩn. Ngược lại vào các tháng (8-10) thì mô phỏng hiện tại và dự tính tương lai theo kịch bản RCP8.5 lại cho số TC trung bình rất cao hơn so số TC thám sát thời kỳ chuẩn.



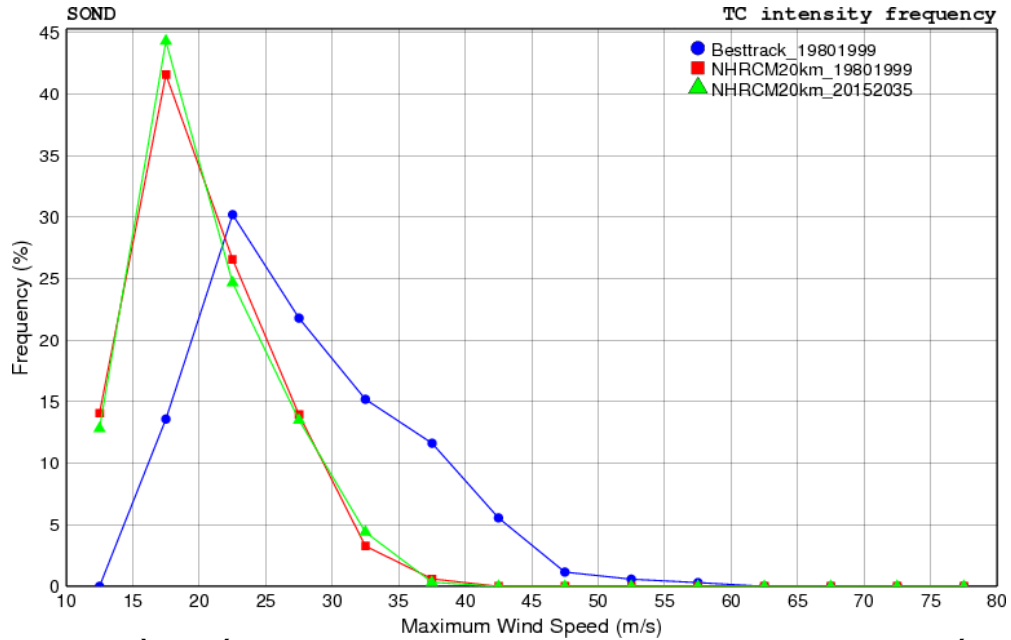
Hình 4.42 Tần suất (%) cường độ TC của 4 tháng 5-8. Trục tung – Tần suất. Trục hoành - cường độ TC đo bằng tốc độ gió cực đại (m/s). Ký hiệu giống như trên Hình 4.41.

Tần suất cường độ TC của 4 tháng (5-8) trên Hình 4.42 cho thấy vào các tháng (5-8) so với thám sát hiện tại thì dự tính tương lai theo kịch bản RCP8.5 cho tần suất cao (30-50%) đối những TC yếu (với tốc độ gió cực đại  $V_{max} < 20\text{m/s}$ ) nhưng tần suất thấp (20-3%) đối với TC mạnh (với  $V_{max} \sim 20-30\text{ m/s}$ ) và gần như tần suất không đổi với TC mạnh hơn (với  $V_{max} > 30\text{m/s}$ ).

Tóm lại trong các tháng (5-8) thời kỳ 2015-2035 tần suất TC dự tính theo kịch bản RCP8.5 giảm đối với những TC yếu ( $V_{max} < 20\text{m/s}$ ) và tăng đối với TC mạnh ( $V_{max} \sim 20 - 35\text{ m/s}$ ) so với thám sát thời kỳ 1980-1999.

Tần suất cường độ TC của 4 tháng (9-12) trên Hình 4.43 cho thấy về tổng thể tần suất cường độ TC dự tính thời kỳ 2015-2035 theo RCP8.5 về mùa này thấp hơn nhiều so với thám sát (Best track). Đó là vào các tháng này mô phỏng hiện tại và dự tính tương lai theo kịch bản RCP8.5 đều cho tần suất cao (15-42%) đối với những TC yếu ( $V_{max}$  trong khoảng 13 – 27 m/s) nhưng

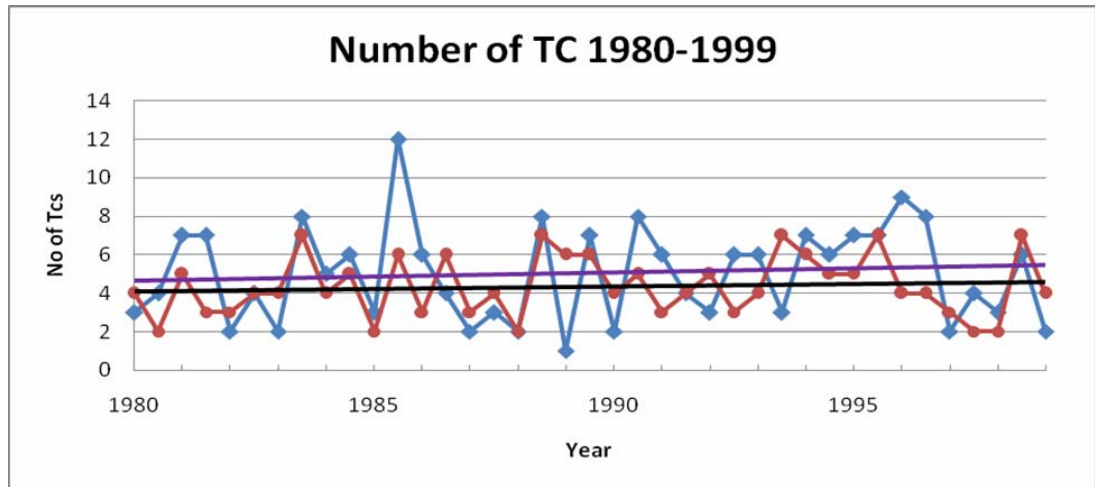
tần suất thấp (2.7-3%) đối với những TC mạnh ( $V_{max} \sim 27 - 37$  m/s) so với thám sát hiện tại. Tuy nhiên theo kịch bản RCP8.5 cường độ của TC vào 4 tháng (9-12) mạnh hơn so với cường độ TC vào 4 tháng (5-8).



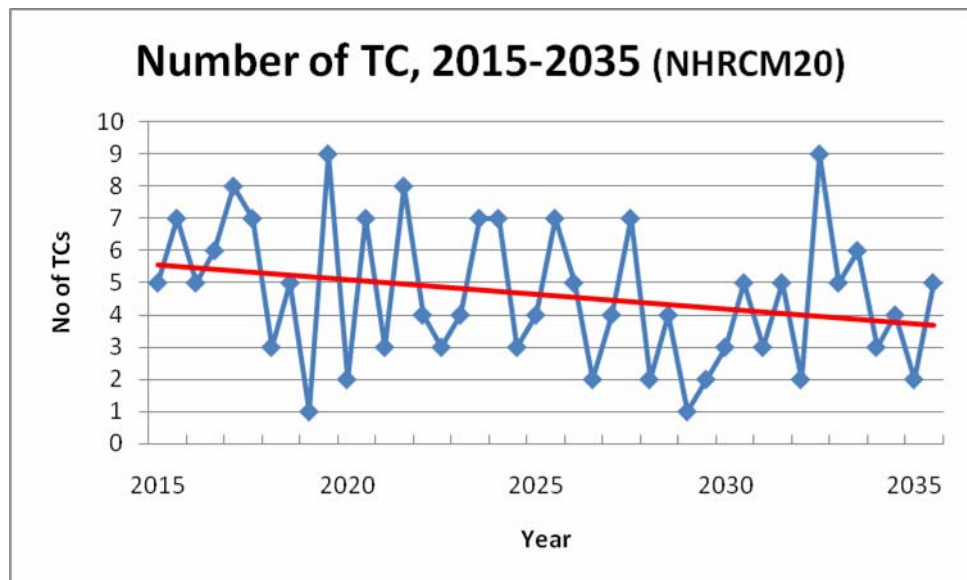
Hình 4.43 Tần suất (%) cường độ TC của 4 tháng 9-12. Ký hiệu giống như trên Hình 4.42.

Diễn biến số cơn TC trung bình theo mùa thời kỳ 1980-1999 theo mô phỏng của NHRCM20 (Hình 4.44) có xu hướng tăng từ 4.7 vào năm 1980 lên  $\sim 5.2$  vào năm 1999 (đường thẳng tím đậm phía trên). Xu thế diễn biến số trung bình các cơn TC theo Best track thời kỳ này cũng tương tự nhưng với giá trị thấp hơn so với mô phỏng cùng thời kỳ này (từ 4. lên 4.6 - đường đen đậm dưới).

Ngược lại, dự tính diễn biến số trung bình các cơn TC theo mùa thời kỳ 2015-2035 dựa theo kịch bản RCP8.5 (Hình 4.35) lại cho thấy xu thế giảm số trung bình các cơn TC trong thời kỳ này, từ 5.5 vào năm 2015 xuống 3.7 vào năm 2035 (đường đỏ thẳng).



Hình 4.44 Diễn biến số cơn TC thời kỳ 1980-1999 theo hai mùa MJJA (tháng 5-8) và SOND (tháng 9-12). Ký hiệu: mô phỏng của NHRCM20 (hình vuông xanh); Best track (chấm tròn đỏ); Đường thẳng tím đậm, trên - xu thế diễn biến số TC mô phỏng bởi NHRCM20; Đường thẳng đen đậm, dưới - xu thế diễn biến số cơn TC theo Best track;



Hình 4.45 Diễn biến số cơn TC trung bình trong thời kỳ 2015-2035 (theo hai mùa MJJA (tháng 5-8) và SOND (tháng 9-12)). Ký hiệu: Đường màu xanh là số cơn TC trung bình; đường màu đỏ là xu thế diễn biến số cơn TC trung bình giai đoạn 2015-2035 theo RCP8.5

## **Kết luận:**

Từ thử nghiệm xây dựng kịch bản BĐKH cho khu vực VN-BĐ vào năm 2025 dựa theo kịch bản RCP8.5 trên đây có thể đưa ra một số kết luận sau:

- 1) Trên trung bình năm nhiệt độ trung bình trên toàn lãnh thổ VN đến năm 2025 luôn tăng và tăng mạnh nhất trên khu vực BB với một vùng tăng cực đại quanh Hà Nội trải rộng về phía tây và tây bắc với mức tăng nhiệt độ từ 1.0 đến 1.2 độ C. Mức độ tăng nhiệt độ trên toàn Miền Trung nhẹ hơn so với BB. Trên hai khu vực Tây Nguyên và NB có mức tăng nhiệt độ thấp hơn so với Miền Trung và BB. Trên trung bình năm tần suất của những T2m.min ( $< 16$  độ C) giảm trong khi tần suất của những T2m.max ( $> 33$  độ C) lại tăng.
- 2) Trên phần lớn lãnh thổ VN lượng mưa trung bình giảm nhẹ (trên nửa tây nam của BB đến Nghệ An lượng mưa trung bình giảm  $\sim 5-15\%$ , trên phần lớn vùng NTB và Tây Nguyên mưa giảm  $\sim 5-10\%$ ) và có một số vùng có lượng mưa tăng nhẹ (như trên vùng phía bắc- đông bắc của BB mưa lại tăng  $\sim 1-10\%$  và trên hầu hết miền đất NB mưa tăng nhẹ  $\sim$  tăng  $1-10\%$ ). Trong đó tần suất lượng mưa ngày trung bình năm gần như không biến đổi đối với những ngưỡng mưa  $< 150$  mm/ngày nhưng lại giảm mạnh đối với những ngưỡng mưa rất lớn ( $150 - 400$  mm/ngày) và càng mạnh đối với mưa càng lớn.
- 3) Xu thế chung của hoạt động TC thời kỳ 2015-2035 là số cơn TC trung bình giảm (từ 5.5 vào năm 2015 xuống 3.7 vào năm 2035). Theo kịch bản RCP8.5 vào các tháng (5-8) thì tần suất của những TC yếu (có  $V_{max} < 20$  m/s) giảm nhưng tần suất của những TC mạnh ( $V_{max} \sim 20 - 35$  m/s) lại tăng. Cũng theo kịch bản này cường độ của TC vào các tháng (9-12) mạnh hơn so với các tháng (5-8).



- 4) Xu thế giảm số cơn TCs vào tháng 7 và tăng số cơn TCs vào tháng 10 trong tương lai theo kịch bản RCP8.5 so với thám sát thời kỳ chuẩn (xem trên Hình 4.41) có lẽ là nguyên nhân giải thích sự tăng mưa vào mùa thu (SON) trên BB của VN (xem trên Hình 4.23 hay Hình 4.39a).

#### **4.4 Kết quả thử nghiệm mô phỏng sóng từ mô hình dự báo sóng WAVEWATCH-III**

Đề tài không có điều kiện đi sâu vào vấn đề nghiên cứu mô phỏng và dự báo sóng, nhưng một trong những sản phẩm mô phỏng của Đề tài này là phân bố gió phân giải khá cao (5 x 5) km trên Biển Đông làm đầu vào quan trọng cho mô hình dự báo sóng khu vực này nên Đề tài thử nghiệm chạy mô hình dự báo sóng WAVEWATCH-III với đầu vào là gió của NHRCM05 để xem kết quả mô phỏng độ cao sóng và hướng sóng cũng như chu kỳ sóng cho khu vực biển và ven biển VN có tốt hơn so với sử dụng đầu vào gió phân giải thô (vài chục km).

##### **4.4.1 Thiết kế thử nghiệm**

Mô hình Wavewatch III được áp dụng thử nghiệm mô phỏng độ cao sóng trên Biển Đông trong hệ thống dự báo sóng liên hoàn thiết kế chạy lồng hai miền tính với đầu vào gió là đầu ra của mô hình khí hậu khu vực bất thủy tĩnh NHRCM20 và NHRCM05 theo kịch bản BĐKH RCP8.5.

Miền lớn (Domain 1) giới hạn 99E đến 120E và 2.5N đến 24N, miền nhỏ từ 102.5E đến 110.5E và 7.5N đến 22N (Hình 4.46). Miền lớn chạy WAVEWATCH-III độ phân giải 0.05 độ với gió trên vùng biên là đầu ra của mô hình khí hậu khu vực bất thủy tĩnh NHRCM20 và gió trên miền tính là đầu ra của NHRCM05. Miền nhỏ (Domain2) dự báo sóng ven bờ, chạy WAVEWATCH-III mô phỏng sóng 0.01 độ với gió trên toàn miền là đầu ra của NHRCM05. Thời gian cập nhật biên từng 6h.

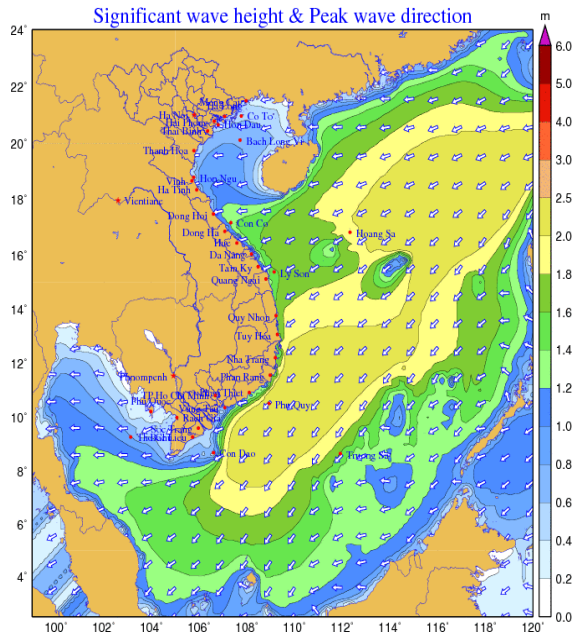


Hình 4.46 Miền tính chạy mô hình sóng

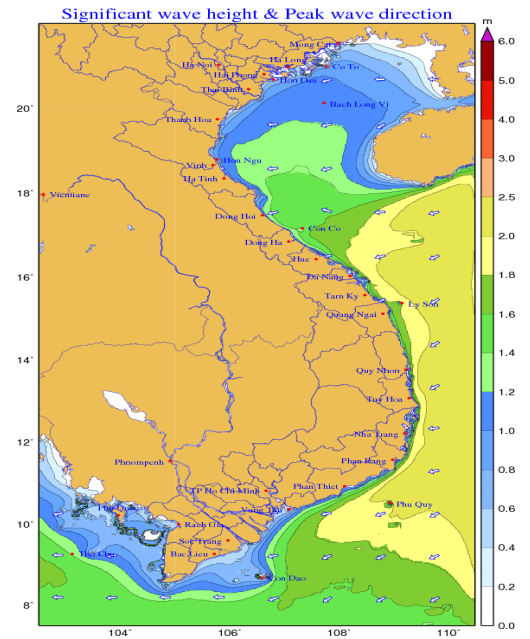
#### 4.4.2 Kết quả thử nghiệm

Kết quả thực hiện thử nghiệm mô phỏng độ cao sóng trung bình tháng 12 năm 1988 và dự tính độ cao sóng trung bình tháng 12 năm 2030. Hình 4.47 là kết quả mô phỏng độ cao sóng và hướng sóng trung bình tháng 12 năm 1988. Đối với độ cao sóng dự báo trên miền lớn (Hình 4.47a) với độ phân giải 0.05 độ, chạy với gió từ mô hình NHRCM20. Độ cao sóng lớn nhất ở khu vực Bắc biển Đông và ngoài khơi vùng biển Bình Định đến Cà Mau, độ cao sóng trung bình khoảng 2 đến 2.5m. Vùng biển từ Quảng Ninh đến Quảng Bình, từ Cà mau đến Kiên Giang, độ cao sóng dao động dưới 1.2m. Vùng biển từ Quảng Bình đến Bình Định, độ cao sóng dao động từ 1.4 đến 1.8m. Hướng sóng trung bình trong tháng 12/1988 thịnh hành theo hướng Đông đến Đông Bắc, trùng với hướng gió thời kỳ gió mùa đông bắc.

Độ cao sóng ven biển Việt Nam được mô phỏng rõ nét hơn trên hình 4.47b với độ phân giải 0.01 độ (~ 1km) chạy với gió là đầu ra từ mô hình NHRCM05.

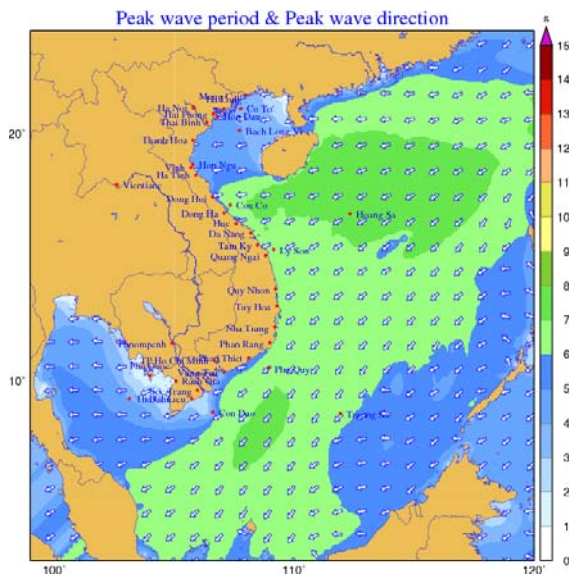


(a)

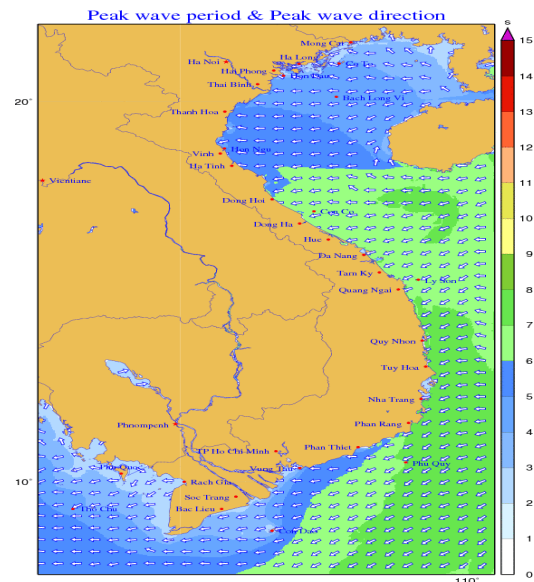


(b)

Hình 4.47 Độ cao sóng và hướng sóng mô phỏng trung bình tháng 12/1988 của WAVEWATCH-III đối với Domain 1 (a) và Domain 2 (b).



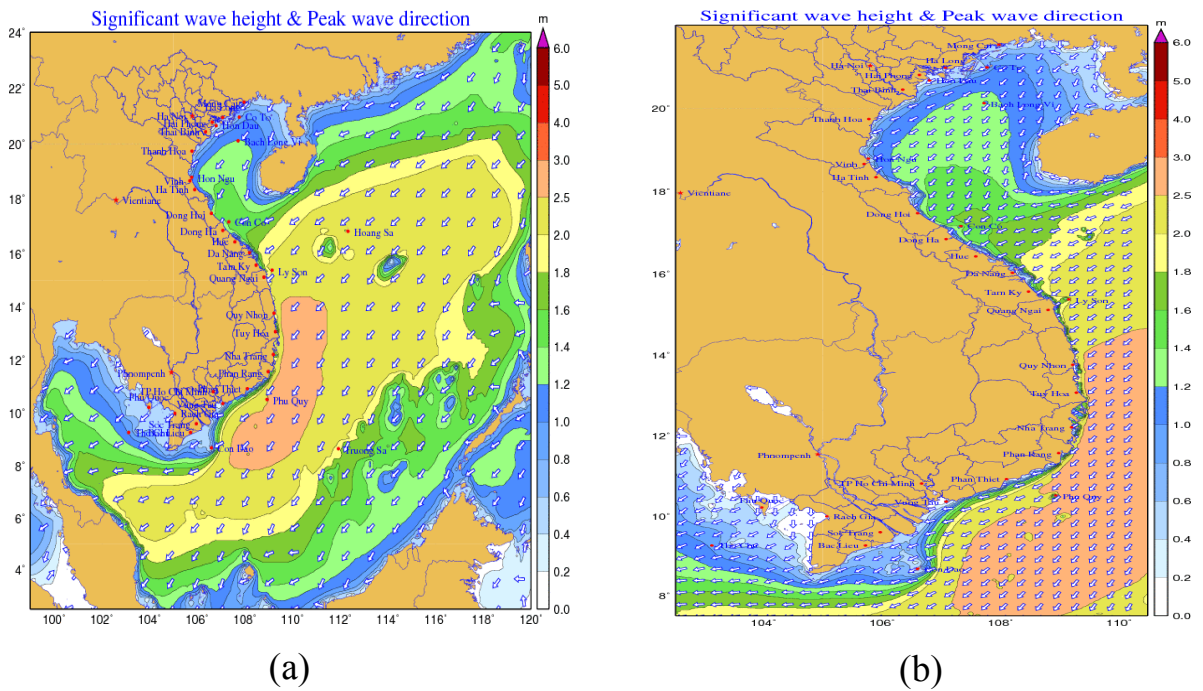
(a)



(b)

Hình 4.48 Chu kỳ sóng và hướng sóng mô phỏng trung bình tháng 12/1988 đối với Domain 1 (a) và Domain 2 (b).

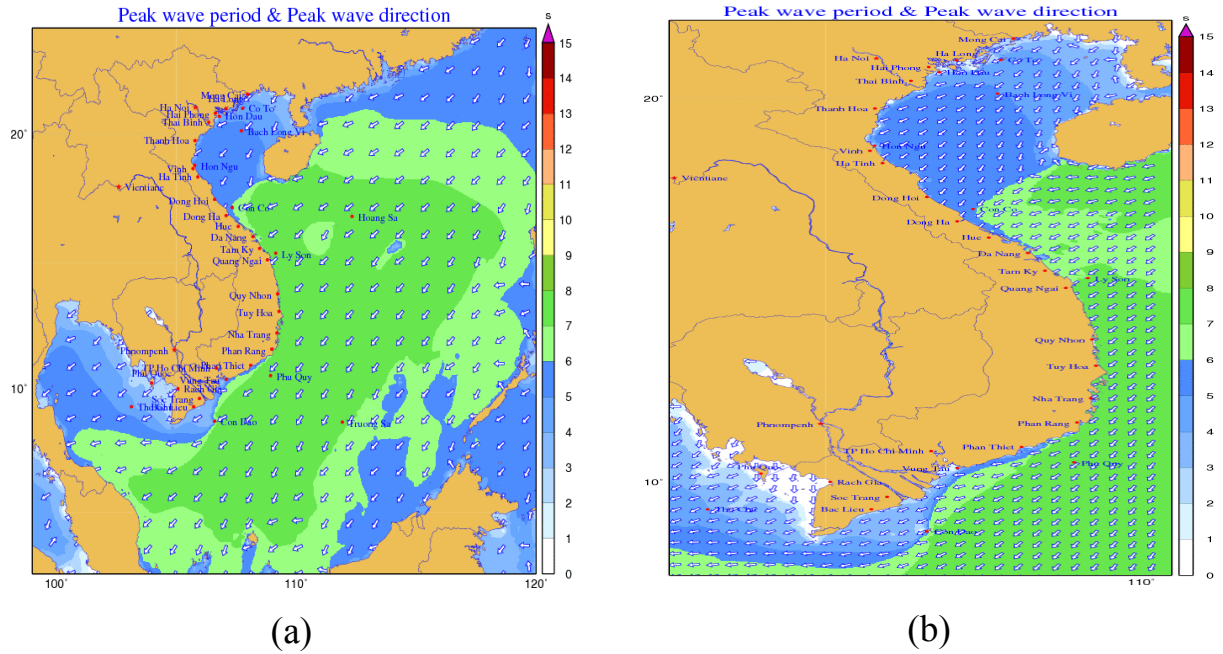
Vùng có độ cao sóng lớn từ 1.8 đến 2m có nơi lên đến 2.5m kéo dài từ Đà Nẵng đến Bình Thuận. Vùng biển từ Nghệ An đến Thừa Thiên Huế, độ cao sóng dao động từ 1.6 đến 1.8m. Các vùng biển còn lại độ cao sóng dưới 1m. Nhìn chung khi chạy với gió từ mô hình NHRCM05, độ cao sóng trên vùng ven biển Việt Nam lớn hơn khi chạy với gió từ NHRCM20.



Hình 4.49 Độ cao sóng và hướng sóng dự tính trung bình tháng 12/2030 đối với Domain 1 (a) và Domain 2 (b).

Cũng chạy với cấu hình tương tự như trên nhưng thực hiện dự tính độ cao sóng trung bình tương lai gần, cho tháng 12 năm 2030. Kết quả được đưa ra trên Hình 4.49. Vùng có độ cao sóng lớn ở khu vực giữa Biển Đông và ngoài khơi Bình Định đến Cà Mau khá trùng khớp với kết quả mô phỏng năm 1988, tuy nhiên độ cao sóng dự tính tháng 12 năm 2030 lớn hơn khoảng 0.5 đến 1m (Hình 4.49a). Vùng biển có độ cao sóng lớn nhất từ Bình Định đến Cà Mau dao động từ 2.5 đến 3m. Hướng sóng dự tính cũng khá tương đồng với hướng sóng mô phỏng trung bình tháng 12/1988. Dự tính với đầu vào từ NHRCM05 cùng thời kỳ được đưa ra trên Hình 4.49b. Vùng có độ cao sóng lớn dự tính với gió từ NHRCM05 không khác nhiều so với đầu vào từ gió

NHRCM20, độ cao sóng lớn nhất dao động từ 2.5 đến 3m. Chu kỳ sóng và hướng sóng dự tính trung bình tháng 12/2030 cho trên Hình 4.50 trung bình tương đồng với mô phỏng trên hai Hình 4.47 và 4.48.



Hình 4.50 Chu kỳ sóng và hướng sóng dự tính trung bình tháng 12/2030 đối với Domain 1 (a), Domain 2 (b).

## KẾT LUẬN

Đề tài “*Nghiên cứu xây dựng kịch bản về các hiện tượng thời tiết cực đoan trung hạn (2015-2030) cho khu vực Việt Nam - Biển Đông sử dụng kịch bản Biến đổi khí hậu trong chương Kakushin (BĐKH.01)*” được Bộ Tài Nguyên và Môi Trường xét duyệt và cho phép thực hiện với 3 mục tiêu.

Đề tài đã thực hiện đầy đủ các nội dung nghiên cứu và hoàn thành các sản phẩm đề ra trong thuyết minh đăng ký, trong đó nhờ tận dụng được khả năng tính toán trên máy tính siêu tốc ngoài nước, Đề tài đã chạy mô hình nhiều năm hơn so với đề ra trong thuyết minh (23 năm cho tái sinh khí hậu hiện tại bằng 2 mô hình thủy tĩnh và bất thủy tĩnh RegCM và NHRCM, 25 năm cho hiện tại và 25 năm cho dự tính BĐKH tương lai phân giải thô bằng NHRCM20, 10 năm cho hiện tại và 10 năm cho dự tính BĐKH tương lai phân giải cao bằng NHRCM05) với hy vọng kết quả khoa học của Đề tài có thể tham khảo ứng dụng thực tế.

### ***Những kết quả chính đạt được của Đề tài như sau:***

- 1) Một máy tính trạm được trang bị để chạy thử nghiệm, lưu trữ và khai thác sản phẩm mô hình.
- 2) Đã hoàn thành các nội dung hợp tác quốc tế, trong đó cử 1 đoàn 3 người đến Viện MRI, JMA của Nhật trao đổi khoa học (2013), 1 cán bộ nghiên cứu đến MRI 1 tháng (2013) thực hiện một phần nội dung khoa học của Đề tài theo kinh phí của Đề tài và 1 cán bộ nghiên cứu đến MRI 3 tháng (2013) thực hiện nội dung khoa học của Đề tài do bạn tài trợ kinh phí.
- 3) Sản phẩm đào tạo, Bài báo và Báo cáo khoa học ở Hội thảo quốc tế: Một bài báo đã đăng ở Tạp chí Khoa học, ĐHQG Hà Nội, 01 bài ở Tạp chí KTTV và gửi 01 bài cho tạp chí của Nhật bản JMSJ. Hỗ trợ đào tạo ba Thạc sĩ và đào tạo 04 cử nhân khoa học Khí tượng. Hai Báo cáo khoa học trình bày ở Hội thảo quốc tế (tháng 8/2013 ở Đà Nẵng - MAHASRI và tháng 7/2014 ở



Nhật – AOGS2014). 01 báo cáo trình bày tại Hội thảo chuyên môn ở Nhật vào tháng 11/2013.

4) Đã tiếp thu và khai thác sử dụng bộ số liệu của Chương trình Kakushin (phân giải 0.5 x 0.5 độ kinh vĩ) là sản phẩm của mô toàn cầu AGCM 3.2HA cho mô phỏng khí hậu hiện tại 1979-2003 và AGCM3.2HNA.RCP85 dựa vào RCP8.5 cho dự tính khí hậu tương lai gần 2015-2039.

5) Đã khai thác sử dụng hai bộ số liệu tái phân tích của Nhật là JRA-25 và APHRODITE phục vụ cho nghiên cứu và đánh giá sản phẩm mô hình.

6) Đã nghiên cứu tiếp thu Bộ mô hình khí hậu khu vực bất thủy tĩnh NHRCM (codes), cài đặt trên hệ máy tính ở VN và chạy ứng dụng thực hiện một phần nội dung khoa học của Đề tài.

7) Kết quả nghiên cứu và đánh giá mô phỏng khí hậu khu vực VN-BĐ (1985-2007) bằng mô hình khí hậu khu vực bất thủy tĩnh NHRCM20 và mô hình khí hậu khu vực thủy tĩnh RegCM20 đã chứng minh được rằng NHRCM có khả năng tái sinh khí hậu khu vực này tốt hơn hẳn RegCM20.

8) Đã phân tích và đánh giá kết quả dự tính chế độ nhiệt bề mặt T2m với xu thế diễn biến của nhiệt độ cực trị, chế độ mưa và xu thế diễn biến mưa lớn cùng với diễn biến hoạt động của xoáy thuận nhiệt đới trên khu vực Việt Nam-Biển Đông trong tương lai gần: a) Trung bình thời đoạn (2015-2039) với phân giải 20 km và b) Trung bình thời đoạn (2030-2039) với phân giải 5km.

9) Đã thử nghiệm xây dựng kịch bản BĐKH đối với nhiệt độ 2 mét cùng với diễn biến cực trị của nó, đối với lượng mưa trung bình và xu thế diễn biến mưa lớn cho VN cho từng mùa và toàn năm 2025 và đối với xu thế hoạt động của TC trên khu vực VN-BĐ thời kỳ 2015-2035.

10) Đã nghiên cứu ứng dụng mô hình sóng WAVEWATCH và chạy thử nghiệm dự báo sóng hiện tại và dự tính sóng tương lai cho khu vực BĐ với đầu vào là đầu ra của NHRCM20 và NHRCM05.

## KIẾN NGHỊ

Mặc dù Đề tài đã thực hiện một khối lượng tính toán khá lớn và đạt được những kết quả khoa học có ý nghĩa ứng dụng nhưng so với yêu cầu của một nghiên cứu để có những kịch bản về BĐKH nói chung, ECE sinh ra do BĐKH nói riêng trên khu vực VN-BĐ bằng mô hình bất thủy tĩnh và phương pháp dynamical downscaling thì kết quả KHCN đạt được của Đề tài này chỉ là sự bắt đầu tốt.

Khối lượng tính toán của Đề tài đặt ra là quá lớn không thể thực hiện trên các hệ thống máy tính có trong nước trong vài năm qua nên Đề tài đã tận dụng được sự hỗ trợ từ nước ngoài để chạy trên máy tính siêu tốc. Tính toán vừa được kết thúc vào tháng 5 năm 2014, vì vậy việc khai thác cũng như phân tích khoa học sản phẩm mô hình nhận được còn hạn chế.

Vì những lý do trên nhóm cán bộ khoa học thực hiện Đề tài BĐKH.01 xin có những kiến nghị sau đây:

- Những sản phẩm kịch bản về khí hậu khu vực tương lai gần (2015-2039) của mô hình NHRCM20 nhận được trong Đề tài có thể tham khảo cho nghiên cứu tác động của BĐKH trên khu vực VN-BĐ.
- Đầu tư cho nghiên cứu, khai thác tốt hơn sản phẩm tính toán lớn đã nhận được của Đề tài này.
- Kiến nghị Bộ Tài nguyên và Môi trường, Bộ Khoa học và Công nghệ tiếp tục đầu tư cho hướng nghiên cứu ứng dụng mô hình khí hậu khu vực bất thủy tĩnh cùng phương pháp dynamical downscaling vào nghiên cứu BĐKH tiến tới tác động của BĐKH trên khu vực VN-BĐ.



## TÀI LIỆU THAM KHẢO

### Tiếng Anh

1. Aberson, S. D., (2003) Targeted observations to improve operational tropical cyclone track forecast guidance. *Monthly Weather Review*, 131, 1613-1628.
2. Briegleb B.P. (1992) Delta-eddington approximation for solar radiation in the near community climate model, *J. Geophys. Res.* Vol. 97, pp. 7603–7612.
3. Bretherthon, F.P. and C.J.R. Garrett, (1968) Wave trains in inhomogeneous moving media. *Proc. Roy. Soc. London*, A302, 529-554
4. Christoffersen, J.B., (1982) Current depth refraction of dissipative water waves. Series Paper 30, Institute of Hydrodynamics and Hydraulic Engineering, Techn. Univ. Denmark.
5. Collins M. (2007) Ensembles and probabilities: a new era in the prediction of climate change, *Philos Trans A Math Phys Eng Sci*, volume 365, no. 1857, pages 1957-1970, DOI:10.1098/rsta.2007.2068.
6. Curry J.A. and A.H. Lynch (2002), Comparing Artic Regional climate models. *EOS Trans. Amer. Geophys. Union*, 83, p.87.
7. Dickinson R.E., Errico R.M., Giorgi F., Bates G.T. (1989) A regional climate model for the western United States, *Climatic Change* Vol. 15, pp. 383–422.
8. Dickinson R.E., Henderson-Sellers A., Kennedy P.J. (1993) Biosphereatmosphere transfer scheme (Bats) version 1e as coupled to the near community climate model, Tech. rep., National Center for Atmospheric Research.

9. Eito, H., *et. al*, (1999), 3-D numerical experiments of marine stratocumulus observed around Japan islands in winter. *CAS/JSC WGNE Res. Activ. Atmos. Oceanic Modell.*, 28, 5.21-5.22.
10. Elguindi N., Bi X., Giorgi F., Nagarajan B., Pal J., Solmon F., Rauscher S., 148 Zakey A. (2003), *RegCM Version 3.0 User's Guide*. PWCG Abdus Salam ICTP.
11. Fu, C. -B., H.-L. Wei, M. Chen, *et al.*, (1998), Simulation of the evolution of summer monsoon rainbelts over eastern China from Regional Climate Model, *Chinese J. Atmos. Sci.*, 22(4), 522-534.
12. Fujibe, F., *et. al*, (1999), A numerical study on the diurnal variation of low-level wind in the lee of a two-dimensional mountain. *J. Meteor. Soc. Japan*, 77, 827-843.
13. Gal-Chen, T., và R. C. J. Somerville, (1975) On the use of a coordinate transform for the solution of the Navier-Stokes equation. *J. Comput. Phys.*, 17, 209-228.
14. Giorgi F., Mearns L.O. (1991) "Approaches to the simulation of regional climate change: A review", *Rev. Geophys.* Vol. 29, pp. 191–216.
15. Hendrik L. Tolman, (2009) "User manual and System documentation of Wavewatch III <sup>TM</sup> version 3.14", NOAA.
16. Hendrik L. Tolman and Dmitry Chalikov, (1996) "Source terms in a third generation wind wave model", *Journal of physical oceanography*, vol. 26, pp. 2497-2518.
17. Hendrik L. Tolman, (2010) "Wavewatch III basics Installing and running the model".
18. Hirai M., Ohizumi M. (2004) Development of a new land-surface model for JMA-GSM. Extended abstract of 20th Conference on Weather Analysis and Forecasting/16th Conference on NWP. P2.22.

19. Hohenegger C., P. Brockhaus, and C. Schär, (2008) Towards climate simulations at cloud-resolving scales. *Meteor. Z.*, 17, 383-394.
20. Holtslag A.A.M., Bruijn E.I.F., Pan H.-L. (1990) A high resolution air mass transformation model for short-range weather forecasting, *Mon. Wea. Rev.* Vol. 118, pp. 1561–1575.
21. Hostetler, S. W., Bates, G. T. and Giorgi, F. (1993) Interactive coupling of a lake thermal model with a regional climate model. *J. Geophys. Res.* 98(D3), 5045-5057.
22. Ikawa, M., và K. Saito, (1991) Description of a non-hydrostatic model developed at the Forecast Research Department of the MRI. *MRI Tech. Rep.* 28, 238pp.
23. Kain, J., J. Fristch, (1993) Convective parameterization for meso scale models: The Kain-Fristch scheme. *The Representation of cumulus convection in numerical models*, Meteor. Monogr., No.46, Amer. Meteor. Soc., 165-170.
24. Kanada S., M. Nakano, S. Hayashi, T. Kato, M. Nakamura, K. Kurihara and A. Kitoh, (2008) Reproducibility of Maximum Daily Precipitation Amount over Japan by a High-resolution Non-hydrostatic Model. *SOLA*, 4, 105-108.
25. Kanada S., M. Nakano, and T. Kato, (2010) Climatological Characteristics of Daily Precipitation over Japan in the Kakushin Regional Climate Experiments Using a Non-Hydrostatic 5-km-Mesh Model: Comparison with an Outer Global 20-km-Mesh Atmospheric Climate Model. *SOLA*, 6, 117-120.
26. Kato, T., (1995) Box-Lagrangian rain drop scheme. *J. Meteor. Soc. Japan*, 73, 241-245.
27. Kato, T., (1999) Verification of MRI nonhydrostatic model predicted rainfall during the 1996 BAIU season.

28. Kiehl J.T., Hack J.J., Bonan G.B., Boville B.A., Breigleb B.P., Williamson D., Rasch P. (1996), "Description of the near community climate model (ccm3)", 152 *Tech. Rep. NCAR/TN-420+STR*, National Center for Atmospheric Research.
29. Kitagawa, H. (2000), Radiation processes, NPD Rep. 46, pp. 16–31, Jpn. Meteorol. Agency, Tokyo.
30. Lau, K.-M., and S. Yang (1996), The Asian monsoon and predictability of the tropical ocean-atmosphere system. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 122: 945-957.
31. Lee, D.K. and M. S. Suh, (2000), Ten-year East Asian summer monsoon simulation using a regional climate model (RegCM2). *J. Geophys. Res.*, 105, 29 565-577
32. Longuet-Higgins, M.S. and R.W. Stewart, (1962) Radiation stress and mass transport in gravity waves, with application to 'surf-beats'. *J. Fluid Mech.*, 10, 529-549.
33. McAvaney BJ, Covey C, Joussaume S, Kattsov V, Kitoh A and 5 others (2001), Model evaluation. In: Houghton JT et al. (eds) *Climate change 2001: the scientific basis. Contribution of Working Group I to the 3rd Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, p. 471-523.
34. Meehl, G.A., T.F. Stocker, W.D. Collins, P. Friedlingstein, A.T. Gaye, J.M. Gregory, A. Kitoh, R. Knutti, J.M. Murphy, A. Noda, S.C.B. Raper, I.G. Watterson, A.J. Weaver and Z.-C. Zhao, (2007) Global climate projections. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, 747-846.

35. Mei, C. C., (1983) The applied dynamics of ocean surface waves. Wiley, New York, 740pp.
36. Muroi, C., *et. al*, (1999) Development of the MRI/NPD nonhydrostatic model. Proc. Workshop on Planetary Boundary Layer Parameterization, Reading, United Kingdom, ECMWF, 59-79.
37. Nakanishi, M., and H. Niino (2004) An improved Mellor-Yamada level-3 model with condensation physics: Its design and verification. *Boundary Layer Meteorology*, 112, 1-31.
38. Oouchi K., J. Yoshimura, H. Yoshimura, R. Mizuta, S. Kusunoki and A. Noda, (2006) Tropical Cyclone Climatology in a Global-Warming Climate as Simulated in a 20 km-Mesh Global Atmospheric Model: Frequency and Wind Intensity Analyses. *J. Meteor. Soc. Japan.*, 84, 259–276.
39. Palmer T.N. and T. Ræisaenen (2002) Quantifying the risk of extreme seasonal precipitation in a changing climate, *Nature*, 415, p.512-514.
40. Phillips, O.M., (1977) The dynamics of the upper ocean, second edition. Cambridge Univ. Press, 336pp.
41. Saito, K., (1994) A numerical study of the local downslope wind “Yamaji-kaze” in Japan. Part 3: Numerical simulation of the 27 September 1991 windstorm with a non-hydrostatic multi-nested model. *J. Meteor. Soc. Japan*, 72, 301-329.
42. Saito, K., (1997) Semi-implicit fully compressible version of the MRI mesoscale nonhydrostatic model – Forecast experiment of the 6 August 1993 Kagoshima torrential rain. *Geophys. Mag. Ser.*, 2, 109-137.
43. Saito, K., (2001) A global version of the Meteorological Research Institute/Numerical Prediction Division nonhydrostatic model. *CAS/JSC WGNE Res. Activ. Atmos. Oceanic Modell.*, 31, 6.20-6.21.

44. Saito, K., (2004) Direct evaluation of the buoyancy and consideration of the moisture diffusion in the continuity equation in the JMA nonhydrostatic model. CAS/JSC WGNE Res. Activ. Atmos. Oceanic Modell., 34, 0525-0526.
45. Saito, K., và T. Kato, (1999) The MRI mesoscale nonhydrostatic model. Meteorological Society of Japan Meteorological Research Note 196, 169-195.
46. Saito, K., *et. al*, (2001a) Documentation of the Meteorological Research Institute/Numerical Prediction Division unified nonhydrostatic model. MRI Tech. Rep. 42, 133pp.
47. Saito, K., *et. al*, (2001b) Numerical simulation of tropical diurnal thunderstorms over the Maritime continent. Mon. Wea. Rev., 129, 378-400.
48. Saito, K., *et. al*, (2005) The operational JMA nonhydrostatic mesoscale model. Monthly Weather Review, 134, 1266-1298.
49. Sasaki H., K. Kurihara, I. Takayabu, and T. Uchiyama, (2008) Preliminary Experiments of Reproducing the Present Climate Using the Non-hydrostatic Regional Climate Model. *SOLA*, 4, 25-28.
50. Sasaki H., A. Murata, M. Hanafusa, M. Ohizumi, and K. Kurihara, (2011) Reproducibility of Present Climate in a Non-Hydrostatic Regional Climate Model Nested within an Atmosphere General Circulation Model. *SOLA*, 7, 173-176.
51. Seko, H., *et. al* (1999) Analytical and numerical studies of a quasi-stationary precipitation band observed over Kanto area associated with Typhoon 9426 (Orchid). J. Meteor. Soc. Japan, 77, 929-948.
52. Sundqvist H., Berge E., Kristjansson J.E. (1989) Condensation and cloud parameterization studies with a mesoscale numerical weather prediction model, Mon. Wea. Rev. Vol. 117, pp. 1641-1657.

53. Takle, E.S., (1999) Project to Intercompare Regional Climate Simulations (PIRCS), Preliminary Workshop, 17-18 November 1994, Bull. Am. Meteorol. Soc., 76, 1625-1626.
54. Tebaldi C and R. Knutti (2007), The use of the multimodel ensemble in probabilistic climate projections. Philosophical Transactions of the Royal Society (special issue on Probabilistic Climate Change Projections), Vol. 365, pp. 2053-2075.
55. Tolman, H.L., (1990) The influence of unsteady depths and currents of tides on wind wave propagation in shelf seas. J. Phys. Oceanogr., 20, 1166-1174.
56. Tolman, H. L., (1999) User manual and system documentation of WAVEWATCH-III version 1.18. NOAA/NWS/NCEP/OMB technical note, 166, 110 pp.
57. Tolman, H.L. and D.V. Chalikov, (1996) Source terms in a third-generation wind-wave model. J. Phys. Oceanogr., 26, 2497-2518
58. Ulbrich, U., J.G. Pinto, H. Kupfer, G.C. Leckebusch, T. Spanghel, M. Meyers, (2008) Changing Northern Hemisphere Storm Tracks in an Ensemble of IPCC Climate Change Simulations. J. Climate, Vol. 21, No. 8, 1669-1679. DOI: 10.1175/2007JCLI1992.1
59. Wacker, U., and F. Hubert, (2003) Continuity equations as expressions for local balances of masses in cloudy air. Tellus, 55A, 247-254.
60. Whitham, G.B., (1965) A general approach to linear and non-linear dispersive waves using a Lagrangian. J. Fluid Mech., 22, 273-283
61. Yabu, S., S. Murai, and H. Kitagawa (2005), Clear sky radiation scheme, NPD Rep. 51, pp. 53-64, Jpn. Meteorol. Agency, Tokyo.
62. Yamazaki, Y., and K. Saito (2004) Implementation of the cylindrical equidistant projection for the non-hydrostatic model of the Japan

- Meteorological Agency. CAS/JSC WGNE Res. Active Atmos. Oceanic Modell., 34, 327-328.
63. Yu, D., Ellis, H. M., Lee, E. C., Jenkins, N. A., Copeland, N. G. & Court, D. L. (2000) Proc. Natl. Acad. Sci. USA 97, 5978-5983.
64. Zeng X., Zhao M., Dickinson R.E. (1998) Intercomparison of Bulk Aerodynamic Algorithm for the Computation of Sea Surface Fluxes Using TOGA COARE and TAO data, Journal of Climate Vol. 11, pp. 2628-2644.
65. <http://www.chikyu.ac.jp/precip/scope/index.html>

### **Tiếng Việt**

66. Bộ tài nguyên và môi trường (2009), Kịch bản Biến đổi khí hậu, nước biển dâng cho Việt Nam.
67. Bộ tài nguyên và môi trường (2012), Kịch bản Biến đổi khí hậu, nước biển dâng cho Việt Nam.
68. Nguyễn Duy Chinh và ccs (2003), Nghiên cứu thử nghiệm dự báo khí hậu ở Việt Nam. Đề tài NCKH cấp Bộ.
69. Hoàng Đức Cường và ccs (2007), Nghiên cứu thử nghiệm dự báo mưa lớn ở Việt Nam bằng mô hình MM5. Đề tài NCKH cấp Bộ.
70. Phan Văn Tân và ccs (2008), Nghiên cứu tác động của biến đổi khí hậu toàn cầu đến các yếu tố và hiện tượng khí hậu cực đoan ở Việt Nam, khả năng dự báo và giải pháp chiến lược ứng phó. Đề tài KH-CN cấp Nhà nước, Mã số KC.08.29/06-10.
71. Nguyễn Văn Thắng và ccs (2006), Nghiên cứu xây dựng mô hình dự báo khí hậu cho Việt Nam dựa trên kết quả của mô hình động lực toàn cầu. Đề tài NCKH cấp Bộ.
72. Trần Thục và ccs (2012), Điều tra, khảo sát, xây dựng bản đồ phân vùng nguy cơ lũ quét khu vực Miền Trung, Tây Nguyên, và xây dựng



hệ thống thí điểm phục vụ cảnh báo cho các địa phương có nguy cơ cao xảy ra lũ quét phục vụ công tác quy hoạch, chỉ đạo điều hành phòng tránh thiên tai thích ứng với biến đổi khí hậu. Dự án cấp Nhà nước (2012-2015).